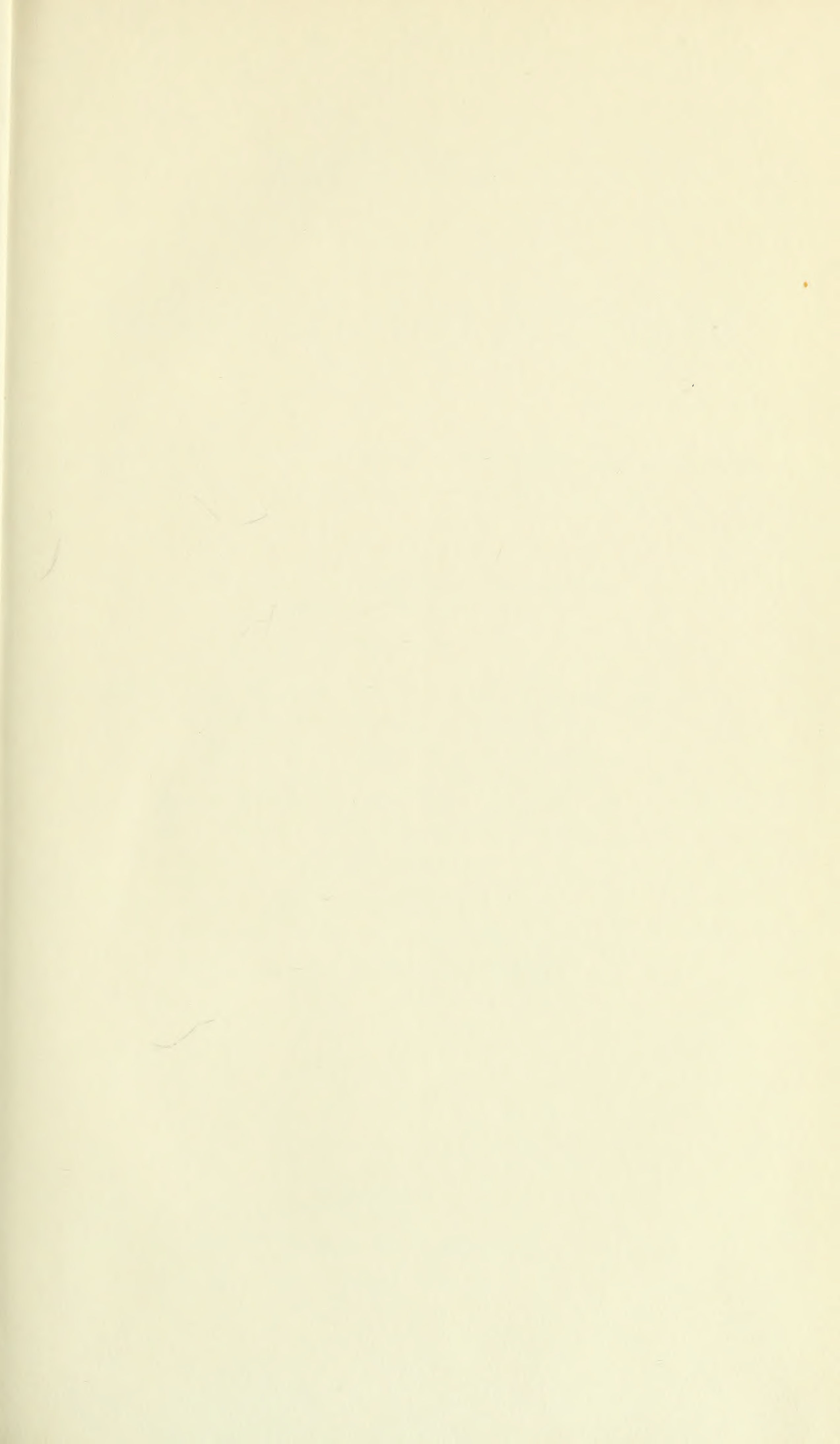










ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Fortsetzung des von REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND herausgegebenen Archives.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. WILH. HIS und Dr. WILH. BRAUNE.
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1886.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1886.

ARCHIV

FÜR

PHYSIOLOGIE.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG DES
ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG MEHRERER GELEHRTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1886.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND 14 TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1886.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

Seite

Stolnikow, Die Aichung des Blutstromes in der Aorta des Hundes. (Hierzu Taf. I—V.) 1

Ernst von Fleischl, Ein mikrostroboskopischer Reizversuch 67

Wilhelm Filehne, Ueber einige Wirkungen des Xanthins, des Caffeïns und mehrerer mit ihnen verwandter Körper 72

K. Hällstén, Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und der Reflexapparate des Rückenmarkes 92

G. Humilewski, Ueber den Einfluss der Muskelcontractionen der Hinterextremität auf ihre Blutcirculation. (Hierzu Taf. VI.) 126

J. Jegorow, Ueber den Einfluss der langen Ciliarnerven auf die Erweiterung der Pupille. (Hierzu Taf. VII.) 149

P. Lahousse, Die Structur des Nervenplexus in der Vorhofscheidewand des Froschherzens. (Hierzu Taf. VIII.) 191

J. Bernstein, Ueber das Entstehen und Verschwinden der elektrotonischen Ströme im Nerven und die damit verbundenen Erregungsschwankungen des Nervenstromes. (Hierzu Taf. IX u. X.) 197

K. Schönlein, Die Summation der negativen Schwankungen. (Hierzu Taf. XI.) 251

Johannes Gad, Zur Methodik der Zeitmessung von Erregungsleitungen . . . 263

O. Langendorff, Herzmuskel und Atropin 267

Franz Carl Müller, Physiologische Studien über Psychophysik. (Hierzu Taf. XII.) 270

Ed. Aronsohn, Experimentelle Untersuchungen zur Physiologie des Geruchs . . 321

Gustav Fritsch, Ergebnisse der Vergleichungen an den elektrischen Organen der Torpedineen 360

L. C. Wooldridge, Ueber intravasculäre Gerinnungen 397

G. Gaglio, Die Milchsäure des Blutes und ihre Ursprungsstätten 400

S. Frenkel, Nerv und Epithel am Froschlarvenschwanze. (Hierzu Taf. XIII.) . 415

Wilhelm Filehne, Trigeminus und Gesichtsausdruck 432

Hermann von Jhering, Ueber „Generationswechsel" bei Säugethieren 443

Schönfeld, Die physiologische Bedeutung des Magenmundes der Honigbiene . 451

George Alfred Buckmaster, Ueber eine neue Beziehung zwischen Zuckung und Tetanus 459

H. J. Hamburger, Ueber den Einfluss chemischer Verbindungen auf Blutkörperchen im Zusammenhang mit ihren Molecular-Gewichten 476

A. Stefani, Die Verheilung von Nerven benutzt zum Studium der Functionen der Nervencentren 488

K. Hällstén, Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und der Reflexapparate des Rückenmarkes. (Hierzu Taf. XIV.) 500

Seite

St. Klikowicz, Die Regelung der Salzmengen des Blutes 518
E. du Bois-Reymond, Ueber Sichtbarwerden des Hauches bei warmer Luft . . 538
G. Bunge, Eine Bemerkung zur Theorie der Drüsenfunction 539
Hermann von Jhering, Nachtrag zur Entwickelung von Praopus 541

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1885—86.

Arthur Christiani, Ueber die Erregbarkeit des Athmungscentrums . . . 180
Th. Weyl, Ueber die Beziehungen des Cholestearins zu den Terpenen und Campherarten 182
Curt Lehmann, Studie über die Function des Corpus striatum 184
Benda, Ueber die Spermatogenese der Säugethiere 186
Gad demonstrirt das Klappenspiel im Ochsenherzen nach seiner Methode mittels intraventriculärer elektrischer Beleuchtung 188
Goldscheider, Demonstration von Praeparaten, betreffend die Endigung der Temperatur- und Drucknerven in der menschlichen Haut 188
Müllenhoff, Apistische Mittheilungen. I. Ueber den Zellenbau der Honigbiene. 371
Ewald, Ueber die Bedeutung des sog. zweiten Schluckgeräusches 376
Gad, Das Klappenspiel im Ochsenherzen 380
Müllenhoff, Apistische Mittheilungen. II. Ueber das Verfahren der Honigbiene bei der Bergung und Conservirung von Blüthenstaub und Honig 382
C. Benda, Weitere Mittheilungen zur Spermatogenese der Säugethiere 386
Gad, Ueber automatische und reflectorische Athemcentren 388
Gad, Ueber haemorrhagische Dyspnoë 543
Pohl-Pincus, Bemerkungen über die Polarisations-Farben des menschlichen Kopfhaares 547
Pohl-Pincus, Ueber die Einwirkung starker elektrischer Reizung der Haut des Frosches auf das Herz desselben und über den Einfluss des N. vagus auf die herbeigeführten Zustände 549
Biondi, Ueber Zwischenkiefer und Lippenkiefer-Gaumenspalte 550
Goldscheider, Ueber die specifische Wirkung des Menthols auf die Temperatur-Nerven 555
Arthur Christiani, Zur Physiologie des Gehirns 559
Zuntz, Die Resultate einer von Dr. Tacke in seinem Laboratorium ausgeführten Untersuchung 560
Hermann Munk, Bemerkung über Hrn. Christiani's Mittheilung über das Gehirn 561
C. Benda, Ueber eine neue Färbemethode des Centralnervensystems, und Theoretisches über Haematoxylinfärbungen 562

Die Aichung des Blutstromes in der Aorta des Hundes.

Von

Dr. Stolnikow.

(Aus dem physiologischen Institut in Leipzig.)

(Hierzu Taf. I—V.)

1. So lange wir uns über die Blutmenge im Dunkeln befinden, welche in der Zeiteinheit durch die Aortenwurzel fliesst, wird der Lehre vom Blutstrom der Abschluss versagt bleiben. In der Stärke des Aortenstromes ist die Grösse der Kraft gegeben, über welche der Körperkreislauf gebietet, und in seinen Schwankungen drückt sich die Summe aller Veränderungen aus, welche sämmtliche an dem Kreislauf betheiligten Bedingungen erfahren haben. Mit einem Wort, der Strom in der Aortenwurzel bildet den Grund- und den Schlussstein des Blutkreislaufes. Darum war der Wunsch seine Eigenschaften aufzudecken stets lebendig und es fehlte nicht an Vorschlägen, die zur Erreichung des Zieles führen sollten. — Der Zeit nach steht unter den letzteren obenan die von Ed. Hering erfundene und durch C. Vierordt verbesserte Methode, die sogenannte Dauer eines Kreislaufes, d. h. die Zeit zu bestimmen, während welcher einmal die gesammte, einem Thiere angehörige Blutmenge durch das Herz gekreist ist. An diesem oft in Betracht gezogenen Verfahren hat die Kritik so mannigfache Unsicherheiten aufgedeckt, dass es mir erlassen werden kann, auf seine Besprechung zurückzukommen. — An den genannten reiht sich ein sinnreicher Vorschlag von Ad. Fick. Er fordert die Bestimmung des CO_2-Gehaltes im venösen und im arteriellen Herzblute während einer gegebenen Zeit und gleichzeitig die

Ermittelung der von den Lungen ausgeschiedenen CO_2. Dem Grundsatze nach unanfechtbar müsste es sich erst bei ihrer Ausführung zeigen, ob die verlangten Bestimmungen mit einer Genauigkeit zu gewinnen wären, welche für die volle Sicherheit der zu ziehenden Folgerungen bürgte. Leider ist dieses bis dahin unterblieben. — Auf einem anderen Wege haben N. Martin[1] und dessen Schüler H. Powell und F. Donaldson einen Beitrag zur Lösung der Aufgabe geliefert. Dem schon seit Jahren in Angriff genommenen Versuche, das Säugethierherz durch künstliche Blutleitung am Leben zu erhalten, hat N. Martin eine neue Gestalt gegeben, indem er das Herz des Hundes, ohne es aus seiner Lage zu entfernen, von der V. cava superior aus mit Kalbsblut speiste. Da die Lunge in unversehrter Verbindung mit dem Herzen geblieben war, so konnte das durch die rechte Kammer fortgetriebene Blut in den linken Ventrikel übertreten und die durch die Systolen des letzteren ausgetriebenen Massen liessen sich ohne nennenswerthen Verlust aus dem durchschnittenen Arcus aortae auffangen, wenn vorher die Axillaren und die Carotiden unterbunden waren. Insofern hierdurch Angaben über die Blutmenge gewonnen wurden, welche bei verschiedener Temperatur und Schlagfolge des Herzens, oder bei ungleichem Widerstande in der Aorta von je einer Systole des linken Ventrikels ausgestossen werden, geben sie über eines der Elemente, von welchen die Stromestärke in der Aortenwurzel abhängt, Aufschluss.

Eine Methode, die sich ebenfalls auf die unmittelbare Messung der Blutmenge gründet, welche durch die Aortenwurzel fliesst, hat C. Ludwig angegeben. Die Vorbereitungen, welche sie verlangt, sind leicht ausführbar, die Messung der Blutvolumina ist nach ihr sehr genau vorzunehmen, sie bedarf keiner künstlichen Blutleitung, und nur unter Umständen der künstlichen Athmung; bei ihrer Ausführung bewahren die Nerven des Herzens und sämmtlicher Blutgefässe ihre volle Reizbarkeit. Sonach lässt das Verfahren zahlreiche, den natürlichen Bedingungen sich anschliessende Abänderungen des Versuches zu. Dasselbe beruht darauf, dass nach der Herstellung des Verschlusses aller früher und später abgehenden Aeste, das aus dem linken Ventrikel des lebenden Hundes hervorströmende Blut seinen Weg durch die Art. axillaris dextra hindurch in ein graduirtes Glasrohr nehmen muss, während gleichzeitig aus einem zweiten Rohre durch die V. jugularis dextra die vordem ausgeworfene Blutmenge zum rechten Herzen zurückfliesst. Neben den auf graphischem Wege gemessenen zu- und abströmenden Blutmengen, geht die Niederschrift der Pulszahlen und der Zeit einher.

Den Nachweis, dass der Plan ausführbar sei, hat Dr. Meade Smith

---

[1] *Philosophical Transactions.* London 1883. p. 663; — *Ebenda.* 1884. p. 139.

durch eine kleine Anzahl von Versuchen erbracht, die er im hiesigen Institute angestellt und im Boston medical Journal beschrieben hat. Das von ihm zur Messung der Blutvolumina benutzte Instrument bewies sich jedoch in den vorläufigen Versuchen nicht als zweckmässig; in den meinen wurde es durch ein sich besser bewährendes ersetzt.

Einer eingehenderen sende ich eine übersichtliche Beschreibung der neuen Methode voraus (s. Fig. 1).

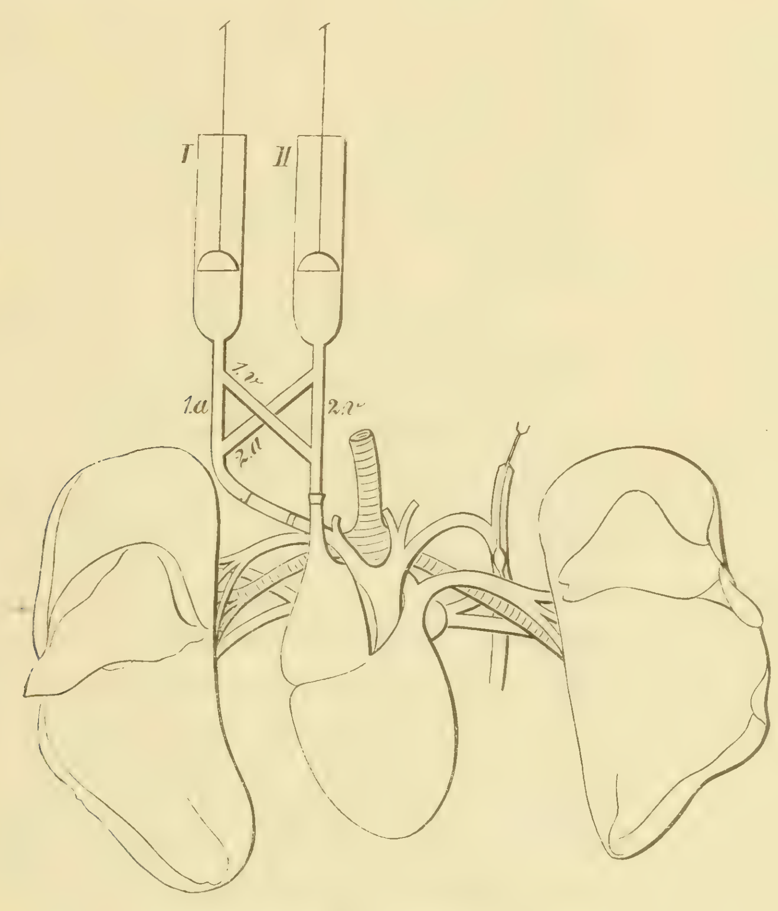


Fig. 1.

Der Rest des Gefässraumes, innerhalb dessen sich das Blut noch frei bewegen kann, besteht aus dem Herzen mit seinen Coronargefässen, dem Lungenkreislauf und dem Bogen der Aorta. Da die Carotiden und die Aeste der beiden Axillaren durch Ligaturen, die Aorta descendens durch den von der A. axill. sinistra eingeführten Stopfbeutel verschlossen ist, so kann das aus dem linken Ventrikel hervorströmende Blut nur durch die Axillaris dextra in eines der beiden Aichgefässe I oder II entweichen, welche beide durch je ein gerades und je ein schrägaufsteigendes Rohr mit der Arterie verbunden sind. Wir nehmen an, im Beginne des Versuches sei nur die zu I führende gerade Röhre 1a offen und es werde darum das entsprechende Rohr aus der Arterie gefüllt. Sowie dies geschehen, werde

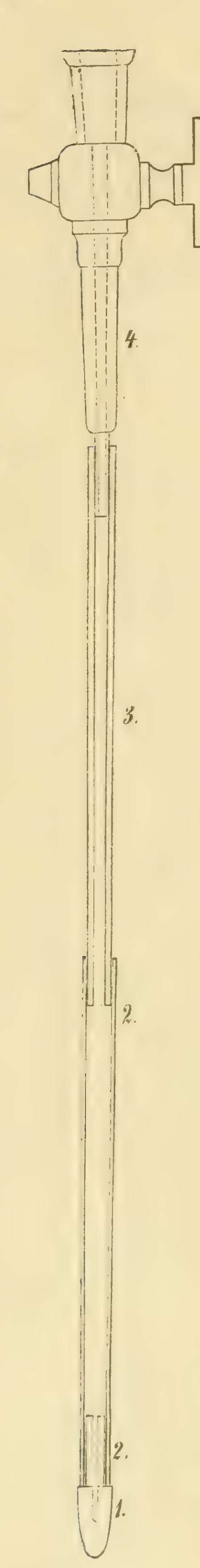


Fig. 2.

die gerade aufsteigende Röhre geschlossen und die von der Arterie zum Aichgefässe II hinlaufende schräge 2a geöffnet. Ist gleichzeitig mit dem Wechsel der Richtung des Arterienstromes die aus dem Gefässe I schief absteigende Röhre 1 v geöffnet worden, so kann das in Gefäss I enthaltene Blut durch sie in die Vena jugularis und von da zum rechten Herzen zurückkehren, während sich indess das Gefäss II mit arteriellem Blute füllt. Ist II gefüllt und I entleert, so kann durch den passenden Verschluss bez. Oeffnung der Zu- und Abflussröhren (1a u. 2v oder 2a u. 1v) der Strom gewendet werden, sodass nun fortwährend der Rest des Gefässbaumes soviel Blut, als er abgab, wieder empfängt.

Zu den Versuchen sind nur grössere, vor der Ausführung der Operationen narkotisirte Hunde verwendbar. Dauernd wurden von mir die Thiere ihrer Willkürbewegung beraubt: mittelst eines Schnittes entweder knapp hinter den Vierhügeln [1] oder durch das Rückenmark im Bereiche des zweiten Halswirbels; sollten die Nervencentren unverletzt bleiben, durch Opiumtinctur und Curare. — An dem beruhigten Thiere wird nach Bedürfniss zuerst eine Luftröhrenfistel angelegt. Nach bekannten anatomischen Vorschriften werden dann der Reihe nach die beiden Carotiden, die beiden Axillaren, eine Art. cruralis und die Ven. jugularis dextra mit möglichster Schonung aufgesucht. — Eine der Carotiden wird mit einer lockeren Fadenschlinge versehen, in die zweite zwischen zwei Ligaturen eine blutreine Glascanüle eingebunden. Gleiches geschieht mit der A. cruralis. Beiderseits werden die von den Axillaren ausgehenden Aeste Mammariae, Vertebrales, Colli superficiales und profundae unterbunden und die Ax. dextra zwischen zwei Ligaturen mit einer weiten, blutreinen Glascanüle versehen. In die Carotiscanüle wird später ein Fick'scher Pulszähler (Federmanometer) in die Cruraliscanüle ein Hg-Manometer eingesetzt, um die sichere Nachricht über den vollen Verschluss der Aorta zu erhalten.

---

[1] *Dies Archiv*, 1884: Abhandlung Wooldridge, S. 525.

Nach der Beendigung der Operation versieht man die Ven. jug. dextra mit der Canüle und die Aorta mit dem Stopfbeutel. Von dem Bau des letzteren und seiner Einführung spreche ich zunächst.

Das kleine Werkzeug, welches zum Verstopfen der Aorta dienen soll, setzt sich, wie Fig. 2 in natürlicher Grösse zeigt, zusammen:

Aus einem soliden Metallconus der sich nach oben in einen hohlen Stiel fortsetzt; aus einem sorgfältig verlötheten, aus bestem Kautschuk gefertigten Röhrchen von 50 bis 60 ^{mm} Länge 2; aus einem Stück elastischen Katheters von ebenfalls 60 ^{mm} Länge 3 und aus der durch einen Hahn verschliessbaren Canüle 4 zusammen. Das Kautschukröhrchen ist einerseits auf dem Stiel des Conus aufgebunden der Art, dass es mit seiner Wand nicht über den Knopf des Conus hervorragt, anderseits aber auf den Katheter, wobei dafür zu sorgen, dass die Lichtung des letztern offen bleibt. Das obere Ende des Katheters ist auf das feinere cylindrishe Ende des Hahns geknüpft; die Enden der Fäden können, um das Abgleiten des Katheters zu vermeiden, oberhalb der Hülse des Hahnes stramm angezogen befestigt werden. Das jenseits des Hahnes befindliche Eingangsstück der Canüle ist konisch ausgeschliffen, sodass das Messingende einer graduirten Glasspritze luftdicht in den Hohlraum eingesetzt werden kann. Um den nachgiebigen Theilen der Stopfröhre die zum Einführen in die Arterie nöthige Steifigkeit zu gewähren, wird in dieselbe durch die freie Mündung des Hahns bis in den hohlen Stiel des Metallconus hinein ein feiner, weicher Kupferdraht geschoben, und in seiner Lage durch eine um den Handgriff des Hahnes geschlungene Schleife befestigt. Die Durchmesser des Conus, der Kautschukröhre und des Katheters müssen der Art gewählt sein, dass sie sich leicht in die Arterie einbringen und in ihr fortbewegen lassen. — Die Arterie, in welcher die Stopfröhre eingebracht werden soll, ist nach dem Arm hin fest und nach dem Herzen hin mit einer Schleife unterbunden, das zwischen beiden Unterbändern liegende Stück muss mindestens eine dem Metallconus gleiche Länge besitzen. Nachdem ein Theil der Wand des letzteren Zwischenstückes aufgeschlitzt ist, führt man, indem eine Hand die Arterie mittelst des Fadens der festen Ligatur fixirt, den Conus in die Arterienlichtung bis zur Schleife, welche alsbald von einem Gehülfen aufgezogen wird, wobei derselbe darauf zu achten hat, dass die Fäden, welche die Schleife bildeten, stets die nun weiter fortgeschobene Röhre nahe umschliessen, damit das Fortschreiten der Röhre möglich, aber die Blutung verhindert wird. Da die Aorta unmittelbar hinter dem Ursprunge der A. axillaris sinistra verstopft werden soll, so muss das Kautschukröhrchen in die Höhlung der Aorta descendens gebracht sein, der elastische Katheter aber darf nicht merklich über die Aortenmündung der A. axillaris hinausragen. Die verlangte Richtung nimmt die Stopfröhre gewöhnlich beim Einschieben von selbst und den Beweis,

dass es in die Aorta descendens gelangt sei, liefert die Pulsation der rechten Carotis, welche nach der Einführung ungeschwächt fortdauern muss; dafür, dass die Röhre nicht tiefer als nothwendig in die Aorta eingedrungen sei, kann am lebenden Thiere nur die Länge des eingeführten Stückes bürgen; die Wahrscheinlichkeit dafür gewinnt man durch Messungen an todten, dem benutzten an Grösse nahe kommenden Thieren, die Gewissheit durch die spätere Section. — Wenn die Stopfröhre eingeschoben ist, wird die

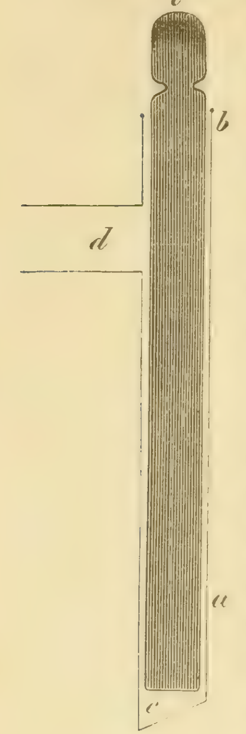
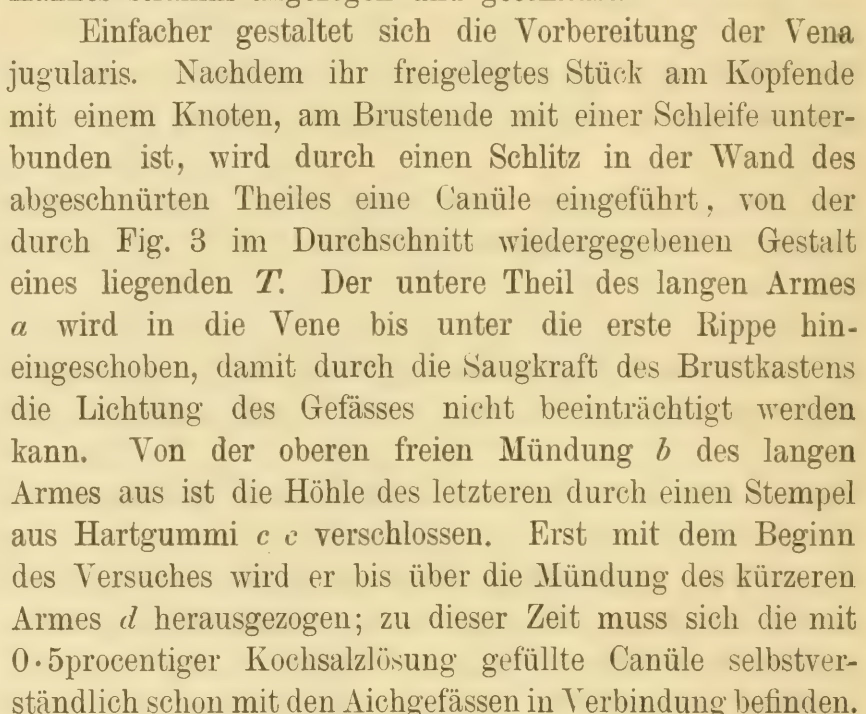
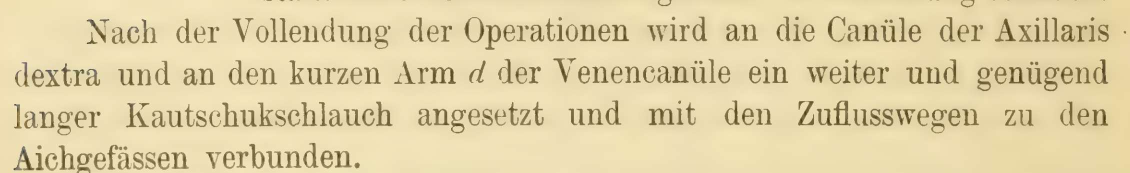


Fig. 3.


Arteria axillaris auf dem Katheter festgebunden und die Enden des langen Fadens werden um den Handgriff des Hahnes stramm angezogen und geschnürt.

Einfacher gestaltet sich die Vorbereitung der Vena jugularis. Nachdem ihr freigelegtes Stück am Kopfende mit einem Knoten, am Brustende mit einer Schleife unterbunden ist, wird durch einen Schlitz in der Wand des abgeschnürten Theiles eine Canüle eingeführt, von der durch Fig. 3 im Durchschnitt wiedergegebenen Gestalt eines liegenden *T*. Der untere Theil des langen Armes *a* wird in die Vene bis unter die erste Rippe hineingeschoben, damit durch die Saugkraft des Brustkastens die Lichtung des Gefässes nicht beeinträchtigt werden kann. Von der oberen freien Mündung *b* des langen Armes aus ist die Höhle des letzteren durch einen Stempel aus Hartgummi *c c* verschlossen. Erst mit dem Beginn des Versuches wird er bis über die Mündung des kürzeren Armes *d* herausgezogen; zu dieser Zeit muss sich die mit 0·5procentiger Kochsalzlösung gefüllte Canüle selbstverständlich schon mit den Aichgefässen in Verbindung befinden.


Nach der Vollendung der Operationen wird an die Canüle der Axillaris dextra und an den kurzen Arm *d* der Venencanüle ein weiter und genügend langer Kautschukschlauch angesetzt und mit den Zuflusswegen zu den Aichgefässen verbunden.

Ich komme nun zur Schilderung des Instrumentalapparates.

a) Stromwender. Zwischen den Blutgefässen und den registrirenden Aichungsröhren ist ein Stromwender eingeschaltet, durch welchen nach Belieben die Arterie oder die Vene mit der Röhre I oder II in Verbindung zu bringen ist und zwar derart, dass wenn sich die Höhlung der Arterie in die des Aichrohrs I fortsetzt, die der Vene in den Cylinder II mündet und umgekehrt. Demgemäss muss in jeden der beiden Kautschukschläuche, welche von den Blutgefässen herkommen und in das untere Ende eines jeden Cylinders je ein gläsernes Gabelrohr eingesetzt werden. Den auf-

gestellten Forderungen entsprechend, nimmt die Verbindung zwischen den Blutgefässen und den Cylindern die folgende schematische Form an (Fig. 4).

Bei *I* und *II* befinden sich die Aichungsröhren, bei Arterie und Vene die Enden der genannten Blutgefässe. Die schraffirten Abschnitte des Röhrenwerks sind aus Glas, alle zwischen dem Glas eingeschlossenen Stücke der Röhren dagegen, bestehen aus Kautschukschläuchen. Gesetzt es seien die Kautschukröhren bei *R R* geschlossen worden, so würde die Arterie mit dem Cylinder *I*, die Vene mit dem Cylinder *II* durch offene Wege verbunden sein, während, wenn der Verschluss bei *L L* angelegt worden wäre, *R R* dagegen unverengt geblieben, die Arterie ihren Inhalt in *II* ergiessen und die Vene sich aus *I* füllen können.

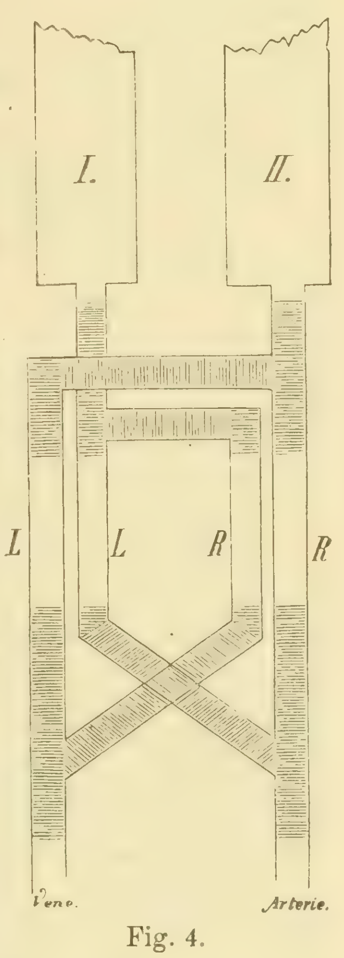


Fig. 4.

Die den registrirenden Cylindern gegebene Einrichtung verlangte, dass der wechselnde Schluss der rechten oder linken Röhrenleitung mit der Hand geschehen musste. Um die Verschliessung und rasche Oeffnung zu ermöglichen sind die Enden aller Glasgabeln mit einem nicht allzu starkwandigen schwarzen Kautschukschlauch verbunden; jederseits liegen die beiden Kautschukschläuche übereinander zwischen je zwei starken Messingstiften. Von den Stiften sass einer auf einer kräftigen Messingschiene, die unverrückbar auf dem Tisch aufgeschraubt war. Die andern beiden Stifte sassen auf einer Schiene, welche durch ein Excentric nach rechts und links bewegt werden konnte. Die Stellung der beweglichen Stifte und der Umfang ihrer Verschiebung war der Art gewählt, dass, wenn die Röhren einerseits offen standen, die gegenüberliegenden vollkommen geschlossen wurden. Der Gang der beweglichen Schiene wurde ihr durch eine gradlinige Führung aus starkem Messing gesichert, und die Bewegung ihr mitgetheilt durch einen kräftigen, von der Hand gefassten Griff (s. Tafel I).

Ausserdem lag über den Schläuchen, die aus der Arterie und Vene zu den ersten Glasgabeln hinliefen, je eine Schraubenklemme, so dass auch der Strom zu und von den registrirenden Cylindern vollkommen gesperrt werden konnte.

Eine Anschauung des eben geschilderten und leicht verständlichen Apparatstückes giebt Tafel I.

b) Von dem Stromwender zu den Cylindern, s. die Abbildung Taf. I, erstreckte sich beiderseits eine senkrechte Glasröhre von 10^{mm} Durchmesser

und 400^{mm} Länge, deren Einschaltung sich als nothwendig erwies, um dem Rückfluss des Blutes in die Vene eine Geschwindigkeit ertheilen zu können, die mit dem raschesten Zufluss aus der Arterie gleichen Schritt hält. Verglichen mit dem Widerstand, welchen das linke Herz bei unversehrtem Kreislauf in der Aorta findet, kann der Druck einer Blutsäule von der genannten Höhe nur ein mässiger genannt werden, der keinenfalls genügt, um die volle Entleerung des Ventrikels zu behindern. Für den Strom durch die Coronararterien, beziehungsweise für die Ernährung des Herzens wird es dagegen nur von Vortheil sein, wenn das Blut nicht widerstandslos aus der Aorta abfliessen kann.

c) Die zur Messung des ausgeworfenen Blutes dienenden Cylinder hatten eine Länge von 150^{mm} und einen lichten Durchmesser von 45^{mm}, jeder fasste also 180^{cm} Flüssigkeit; auf der äusseren Fläche eines jeden ist eine Millimeter-Theilung eingeätzt. Die federtragenden Schwimmer sassen mit einer hohlen gläsernen Halbkugel, den flachen Boden nach unten, auf dem Blut. Von dem Pol der Halbkugel aus erhob sich ein steifer Stahlstab, der am freien Ende eine mit Tinte gefüllte Glasfeder trug; eine der Federn schrieb mit rother, die andere mit blauer Farbe.

Während des Versuchs am ruhenden, keinen äusseren Angriffen ausgesetzten Thieres, ist der Weg der Linien zu beachten, welche die Feder des jeweiligen Arterienrohres zeichnet. Sie muss stets sehr angenähert an eine Gerade aufsteigen. Krümmt sich die anfangs gerade Linie bei weiterer Füllung des Aichrohres concav zur Abscisse, so ist damit bewiesen, dass durch die mit dem Verfahren nothwendig verbundene Blutentziehung die Stromstärke künstlich herabgesetzt wurde, dass das Herz mit jeder weiteren Systole weniger auswirft, weil sich dasselbe in den vorausgegangenen Diastolen weniger und weniger füllte. Darum gilt die Vorschrift, dass die Häufigkeit, mit welcher der arterielle Strom von einem zum andern Rohr gewendet werden muss, sich dem Verlauf der gezeichneten Linien anzupassen hat. Je öfter man wechselt, um so geringer wird selbstverständlich der unumgängliche Blutverlust.

d) Vor dem endlosen Papier, auf welchen die von den Cylindern getragenen Federn ihre Linien schrieben, war noch aufgestellt ein Federmanometer von Fick, das mit einer der Carotiden verbunden die Pulse zählte, dann ein mit der Secundenuhr verbundener elektromagnetischer Zeitmerker und endlich ein Hebel, durch dessen Senkung ein elektrischer Strom geschlossen wurde, wenn mit Hülfe des Schlitteninductoriums ein Theil des Nervensystems gereizt werden sollte.

Nach der Beendigung aller Vorbereitungen wird das horizontal ausgestreckte Thier vor den messenden Apparat gebracht, so dass die Art. axillaris mit dem gleichfalls horizontal aufgestellten Stromwender gleich hoch

liegt. Die von der Arterie und Venencanüle ausgehenden Schläuche werden an je eine der äusseren Glasgabeln des Stromwenders gebracht. Die Aichungsröhre, welche mit der Arterie in Verbindung steht, ist leer, die mit der Vene verknüpfte, mit 0·5 procentiger NaCl-lösung gefüllt.

Alsbald wird, um den Verschluss der Aorta descendens zu bewirken, in die Canüle, die am freien Ende der Stopfröhre sitzt, eine mit $^1/_2$ procentiger Na Cl-lösung gefüllte Spritze luftdicht eingesetzt und aus ihr so lange Flüssigkeit in das Kautschukröhrchen eingetrieben bis das Hg-Manometer in der Arteria cruralis den dort vorhandenen Druck als zu Null geworden, anzeigt. Ist der Hahn der Canüle geschlossen, so wird der Faden um die noch nicht unterbundene A. carotis zugeschnürt, dagegen der Stempel aus der Venencanüle bis zum Querarm hervorgezogen und die Schleife um die Art. axillaris dextra gelöst.

Sogleich steigt das Blut in dem Arteriencylinder empor und die Na Cl-lösung fliesst in die Vene ab. Hat sich der Arteriencylinder bis zur gewünschten Höhe gefüllt, so dreht der Beobachter die Handhabe der Klemmschiene und es entleert sich nun das eingeströmte Blut durch die Vene, während sich das Arterienblut in den andern von Na Cl-lösung befreiten Cylinder ergiesst. Im Verlaufe der Füllung und Entleerung haben indess auf den fortschreitenden Papierstreifen die Federn, die eine aufsteigend, die andere absteigend, Linien geschrieben, über die von der Zeitfeder durch Secundenmarken eingetheilte horizontale, wie es die auf Tafel II von den natürlichen abgebausten Linien angeben. Da der Inhalt der Cylinder ihrer ganzen Länge nach unter Berücksichtigung ihrer Millimetertheilung bekannt ist, so ergiebt sich aus den in der Zeiteinheit veränderten Standorten der Feder die zu- und abgeflossene Blutmenge. Wird sie durch die Zahl der gleichzeitig markirten Pulsschläge dividirt, so gewinnt man auch das mit einer Ventrikelcontraction ausgeflossene mittlere Volum. Selbstverständlich nähert sich der letztgenannte Mittelwerth dem wahren, auf je eine Contraction bezogenen, um so mehr, je gleichmässiger nach Zeit und Stärke das Herz pulsirte und je geringer die Zahl der Pulse ausfiel, durch welche die gemessene Blutmenge dividirt wird. Folgen sich die Pulse in längern Zwischenzeiten, so prägt sich auch in der Curve des registrirenden Cylinders Beginn und Ende des Herzschlags aus (s. Tafel III), sodass unmittelbar das von einer Systole ausgetriebene Volum gemessen werden kann.

Den Zeitpunkt, wann die Richtung des Stromes aus den Blutgefässen in die Cylinder zu wechseln sei, bestimmte meine oder die Hand eines andern Beobachters. Er gilt als eingetreten, wenn sich der Arteriencylinder gefüllt oder der Venencylinder entleert hat. Ob beides, Füllung und Entleerung zu gleicher Zeit geschieht, hängt wesentlich von der Geschwindig-

keit des zuströmenden Blutes ab. Ist die letztere geringer als die des abfliessendes Stromes, so kann die Gleichheit von Zu- und Rückfluss leicht durch eine entsprechende Verengung des Venenschlauches mit Hülfe der oben erwähnten Klemme erzielt werden. Uebersteigt dagegen die Geschwindigkeit des Zuflusses die des Maximums des Abflusses, so kommt es nach einer gewissen Reihe von Stromwechseln dahin, dass beide Cylinder nahezu mit Blut gefüllt sind. Alsdann muss der Arterienschlauch so lange verschlossen werden, bis sich der in die Vene mündende Cylinder entleert hat.

Bei der Benutzung der Stromuhr hat der häufig nur allzu rasche Eintritt der Gerinnung Veranlassung zum Gebrauch des Peptons gegeben. In dieser Beziehung erweist sich das neue Verfahren als ein weit vortheilhafteres. Der Anwendung von Pepton bedarf es nicht. Nur höchst selten setzte die drohende Gerinnung des unveränderten Blutes der Dauer des Versuches eine Grenze. Stunden hindurch fliesst ohne eine Spur von Gerinnung zu zeigen das Blut von und zu den Aichröhren; mehr als einmal unterbrach den Versuch nur die Ermüdung der bei demselben thätigen Gehülfen. Der Grund für diese überraschende Erscheinung findet sich darin, dass das Blut nur wenige, bis höchstens 20 Secunden hindurch innerhalb der Apparates verweilt, wonach es stets wieder dem wiederherstellenden Einfluss der Gefässwand übergeben wird. Bedingung hierfür ist einmal das Grössenverhältniss des gesammten Apparates und des Thieres, dann aber, dass sich in den Cylindern und den Zuflussröhren keine Orte finden, an welchen Blut verweilen kann, ohne dass es von dem empor und herabsteigenden Blute fortgespült werden könnte. Welch' einen Vortheil das Ausbleiben oder aber mindestens der späte Eintritt der Gerinnung mit sich bringt, wird bei der Mittheilung der Ergebnisse erst vollkommen deutlich werden.

Für die Beurtheilung der Ergebnisse meiner Versuche ist eine Auskunft darüber nothwendig, aus welchen Gefässbezirken das Blut zum linken Ventrikel gelangt und zu welchen das durch die V. jugularis zurückkehrende Blut hingeht.

Von der Vena jugularis aus füllt das Blut zunächst den rechten Vorhof und von da aus den rechten Ventrikel. Bei der beschränkten Räumlichkeit der Herzhöhlen und dem raschen Abfluss des Blutes aus dem Cylinder unter einem für den Venenstrom ungewöhnlich hohem Druck, könnte man an eine bis zu Störungen der Herzthätigkeit führende Anfüllung des rechten Herzens denken; doch mit Unrecht. Denn eine kurze Ueberlegung sagt uns, dass aus dem Venencylinder nur so viel Blut als das linke Herz gleichzeitig ausgeworfen hat, in das rechte Atrium zurückkehren

kann; es bestehen sonach für den künstlichen gleiche Verhältnisse wie für den natürlichen Stromlauf nur mit dem Unterschied, dass der Querschnitt des zufliessenden Stromes wegen des Ausfalles der Ven. anonyma sinistra und der V. cava infer. verringert, dafür aber die Geschwindigkeit in der V. jugularis dextra entsprechend gesteigert ist. — Abgesehen von dem besprochenen giebt es noch einen anderen Grund, aus welchem das rechte Herz vor einer schädlichen Ueberfüllung gesichert wird. Die in den Vorhof gelangte Flüssigkeit fliesst, wenn der Ventrikel gefüllt ist, auch durch die Vena cava inf. nach der Unterleibshöhle ab. Hiervon habe ich mich durch Injectionen mit gefärbten Flüssigkeiten an der Hundeleiche überzeugt, welche nach Art meiner Versuchsthiere vorbereitet wurden.

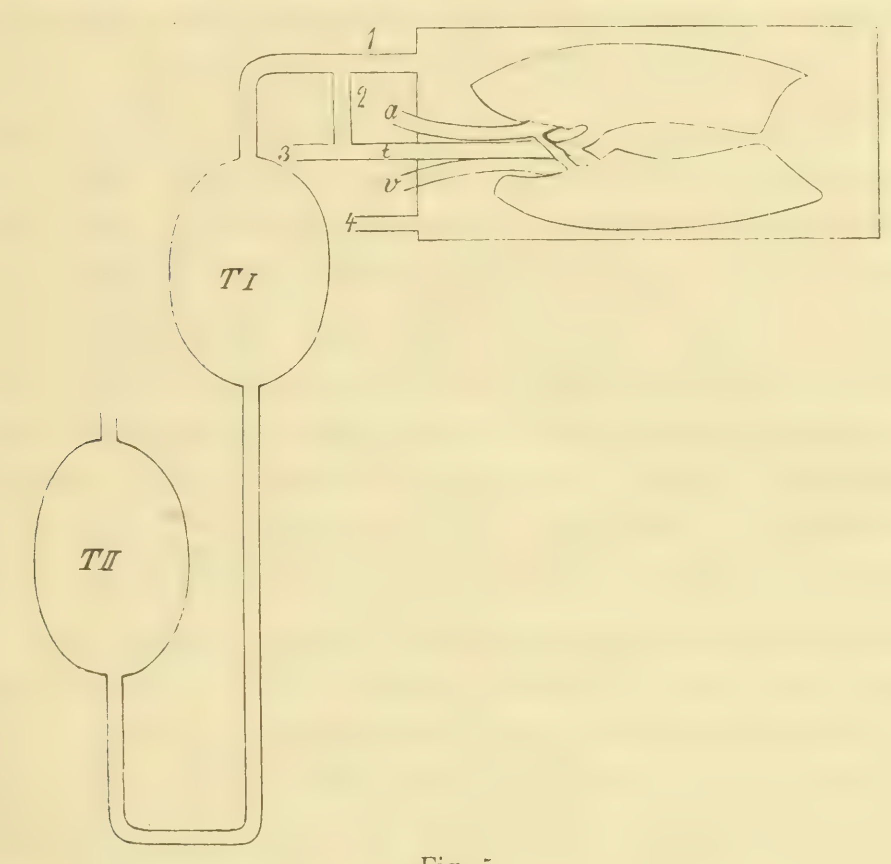


Fig. 5.

Wird dem rechten Herzen ein Vorrath an Blut gesichert, der dem bei normalen Stromverhältnissen vorhandenen gleichkommt, so wird auch die Lunge und von hier aus das linke Herz wie gewöhnlich gefüllt werden. Hiervon könnte nur dann das Gegentheil eintreten, wenn die Gefässe der Lunge nachgiebig genug wären, um das ihnen zugeführte Blut zeitweilig zurückzuhalten; dass dieses nicht der Fall ist, so lange es sich nur um elastische Eigenschaften handelt, wird durch Versuche mit einem Apparat bewiesen, welcher im hiesigen Institut schon mehrfach benutzt wurde. Um das Ver-

ständniss meines Verfahrens zu erleichtern, schicke ich die schematische Zeichnung des Apparates voraus (s. Fig. 5, Seite 11).

In die Vorderwand eines hermetisch verschliessbaren Glaskastens sind fünf Röhren eingekittet. In den Hohlraum des Kastens selbst ist die Lunge gelegt und die Trachea mit der Röhre *t*, die Arterie mit *a*, der linke Vorhof mit *v* alle noch innerhalb des Kastens mit den entsprechenden Röhren luftdicht verbunden. Die Röhre 4 mündet einerseits in die freie Luft, andererseits in den Kastenraum neben der Lunge. Die Röhre 1 öffnet sich ebenfalls frei in den Kasten, ausserhalb desselben aber theilt sie sich; einer der Arme verbindet sich mit einem entsprechenden Seitenrohr von *t*, durch den anderen Arm mündet sie in eine grosse Flasche. In die Röhren sind, wo die Zahlen 1. 2. 3. 4 stehen, gut schliessende Hähne eingesetzt. Nehmen wir an, es seien bis dahin alle Hähne offen gewesen, die Lunge zusammengefallen, die Flasche II über Flasche I gehoben und die erstere bis zu ihrer unteren Mündung mit Luft, die letztere bis zu ihrer oberen dagegen mit Wasser gefüllt gewesen. Werden darauf die Hähne 2 und 4 geschlossen und die Flasche II herabgesenkt, so wird aus I das Wasser in sie fliessen, die Luft in dem Kasten verdünnt und die Lunge durch die durch 3 hereinströmende Luft ausgedehnt. Die Lunge wird sich dann unter ähnlichen Verhältnissen wie bei der natürlichen Respiration aufblasen.

Um die Lunge auch ähnlich wie während der künstlichen Respiration auszuweiten, öffne man 4 und 2, schliesse dann, nachdem die Lunge zusammengefallen, 1 und 3. Wird nun die Flasche II über I hinausgehoben, so wird durch den Wasserdruck die Luft aus der Flasche I in die Lunge geblasen und verdichtet, indess auf ihrer äusseren Fläche der Barometerdruck liegt.

Während der auf verschiedene Weise bedingten Aufblähung der Lunge kann durch ihre Gefässe ein Blutstrom geführt werden, der von dem Arterienende her unter constanten Mariotte'schen Druck aus — und am Venenende in ein kleines mit Blut gefülltes Gefäss eingeht, in das die umgebogene Venencanüle mündet. Die Einsenkung der Vene in den Blutbehälter verhütet, dass beim Uebergang der Lunge aus dem zusammengefallenen Zustand in den der natürlichen Respiration entsprechenden, Luft in das Gefäss gesaugt werde. Die zum Versuche gebrauchten Lungen waren dem soeben getödteten Thiere entnommen, zur Durchleitung wurde defibrinirtes Hundeblut verwendet.

Die Beobachtungen an zwei Lungen, der eines kleinen und der eines mässiggrossen Hundes, ergaben im Mittel aus je drei Bestimmungen das Folgende. Der Druck der Atmosphäre ist gleich Null angenommen.

I. Druck auf der äusseren Lungenfläche $-27 \cdot 5^{mm}$ Hg.
Druck des strömenden Arterienblutes $+27 \cdot 0^{mm}$ Hg.

Nach Schluss der Vene und darauf folgendem der Arterie konnten aus der geöffneten Vene, nachdem der Druck gegen die äussere Lungenfläche auf $+28^{mm}$ Hg gebracht war, 19^{ccm} Blut gewonnen werden.

II. Druck auf der äusseren Lungenfläche — 28^{mm} Hg.
Druck des strömenden Arterienblutes $+ 47^{mm}$ Hg.

Nach Schluss der Vene, darauffolgendem der Arterie, konnten aus der geöffneten Vene der unter $+ 26^{mm}$ äusseren Druckes zusammengepressten Lunge gewonnen werden 76^{ccm} Blut.

Für eine Anhäufung des Blutes in den Lungen sind, wie mir scheint, die Bedingungen in den mitgetheilten Versuchen äusserst günstig gewesen, trotzdem war in der Gefässhöhle kein Volum angesammelt, das auf eine ungewöhnliche Nachgiebigkeit der Wand schliessen lässt. Auf eine weitere Ausdehnung der Beobachtungen, glaubte ich um so eher verzichten zu dürfen, als die während der Strömung des Blutes beobachteten Erscheinungen mit dem Ergebniss der mitgetheilten Versuche übereinstimmten. Nach einer Erhöhung oder einer Minderung des Druckes, unter welchem das Blut in die Arterie eindrang, änderte sich alsbald in entsprechendem Grade auch der Abfluss aus der Vene, woraus auf eine dem Druck sich anpassende Spannung der gesammten Stromwand zu schliessen war.

Eine besondere Beobachtung verdient noch die Blutmenge, welche sich während der Ausführung der Bestimmungen in den Aichröhren findet. Dass sie auf die absoluten Werthe, welche mein Verfahren der Stromstärke in der Aorta zuweist, von Einfluss sein muss und es auf die relativen werden kann, ist selbstverständlich, weil sich die Aichröhren auf Kosten des in dem wegsamen Kreislaufsreste enthaltenen Flüssigkeit füllen; durch den Verlust, welchen die letzteren erleiden, wird die Spannung ihrer Wand herabgesetzt werden.

Ueber die Richtung, nach welcher das von den Aichröhren beherbergte Blutvolum auf die Stromstärke wirkt, kann man sich eine sehr deutliche Anschauung verschaffen, wenn man, ohne irgend welche künstliche Aenderung in den übrigen Bedingungen, die in der Zeiteinheit aus der Arterie hervorgetriebene Blutmenge misst, entweder während eines von Null aus anwachsenden Inhaltes der Aichröhren bis zur vollkommenen Füllung einer der beiden, oder während einer sich stets gleichbleibenden Blutmenge in den Aichröhren, indem sich die eine derselben in dem Maasse durch die Vene entleert, in welchem die andere von der Arterie aus gefüllt wird, und endlich während man sich die zweite eben leer gewordene füllen lässt, nachdem das Abfliessen des Blutes aus der einen soeben erfüllten Röhre verhindert ist. Eine solche Versuchsreihe lässt sich beliebig oft wiederholen und leicht ausführen, denn für die Herbeiführung des ersten der drei ge-

nannten Variationen genügt es die Arterie vorübergehend zu schliessen und sie erst dann wieder zu öffnen, wenn das gesammte, in den Cylindern vorhandene Blut zum Herzen zurückgeflossen ist, die zweite ist bewirkt, wenn mit je einem Aichrohr die Arterie und Vene in offener Verbindung stehen, und die dritte, wenn man, nachdem von der Arterie aus ein Rohr gefüllt war, die Vene schliesst und durch den Stromwender das andere leere Aichgefäss mit der Arterie verbindet. Den Erfolg solcher Versuche erläutern die nachstehenden, von drei verschiedenen Thieren gelieferten Zahlen. — Von den über den Spalten der Tabelle stehenden Worten bedeutet Schlagdauer die zwischen dem Beginn zweier aufeinander folgenden Systolen verflossene Zeit (Systolen und Diastolenzeit), Schlagzahl die Summe der Herzschläge, welche während der Füllung des mit der Arterie verbundenen Aichrohrs ausgeführt waren, Schlagvolum die von einer Systole, Secundenvolum oder Stromstärke die während einer Secunde ausgeworfene Blutmenge.

Die Bestimmung fand statt als:	Schlagdauer in Sec.	Schlagzahl	Schlagvolum in Ccm	Secundenvolum in Ccm
12. Juni. Körpergewicht 12 Kilo.				
Vene und Arterie offen	0·33	7	18·0	56
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·38	7	24·4	64
Vene und Arterie offen	0·50	5	34·6	66
„ „ „ „	0·44	5	29·0	50
„ „ „ „	0·35	6	20·8	52
Vene und Arterie offen	0·34	7	19·0	52
Das Venenrohr mit 150^{ccm} gefüllt gesperrt. Arterie offen	0·35	12	12·0	34
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·32	4	26·0	80
Vene und Arterie offen	0·33	7·5	22·0	60
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·32	9	19·0	59
Vene und Arterie offen	0·33	10	16·8	51
„ „ „ „	0·33	7·5	20·2	61
„ „ „ „	0·51	6	26·1	50
Das Venenrohr mit 165^{ccm} gefüllt, gesperrt. Arterie offen	0·34	12	13·7	40
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·33	7	24·4	74
Vene und Arterie offen	0·35	6	20·0	58
„ „ „ „	0·32	5	21·0	65
„ „ „ „	6·32	5	18·2	56
20. Mai. Körpergewicht 22 Kilo.				
Vene und Arterie offen	0·37	6	19·5	50
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·36	7	23·3	65·2
Vene und Arterie offen	0·33	9	19·2	57·6
„ „ „ „	0·39	8	19·2	56·0

Die Bestimmung fand statt als:	Schlag-dauer in Sec.	Schlagzahl	Schlag-volum in Ccm	Secunden-volum in Ccm
Vene und Arterie offen	0·31	7	16·4	52
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·31	7	18·6	59
Vene und Arterie offen	0·32	8	21·5	63
" " " "	0·36	8	20·9	57
" " " "	0·33	9	18·0	54
" " " "	0·32	8	16·5	50
Vene und Arterie offen	0·40	11	16	39
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·39	8	21	54
Das Venenrohr mit 165 ccm gefüllt, gesperrt. Arterie offen	0·39	13	11	29
Vene und Arterie offen	0·35	11	13	33
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·36	11	15	41
Das Venenrohr mit 166 ccm gefüllt, gesperrt. Arterie offen	0·36	12	11	30
Vene und Arterie offen	0·38	9	15	38
" " " "	0·41	9	16	37
" " " "	0·36	11	15	41
Vene und Arterie offen	0·37	12	14	38·4
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·38	11	16	43·0
Das Venenrohr mit 174 ccm gefüllt, gesperrt. Arterie offen	0·39	11	12	31·0
Vene und Arterie offen	0·37	10	13	37
" " " "	0·36	10	14	40
" " " "	0·36	11	15	40
" " " "	0·38	13	13	35
Vene und Arterie offen	0·36	9	15	41
" " " "	0·35	11	15	43
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·36	9	19	52
Das Venenrohr mit 177 ccm gefüllt, gesperrt. Arterie offen	0·33	15	11	32
Der Apparat von Blut entleert, dann die Arterie offen	0·35	11	15	43
Das Venenrohr mit 170 ccm gefüllt, gesperrt. Arterie offen	0·36	10	12	33

Ordnen wir die Zahlen nach der Grösse des erlittenen Blutverlustes zur besseren Uebersicht ihres Inhaltes.

	Blut im Apparat in Ccm	Secundenvolum in Ccm
12. Juni. Körpergewicht 12 Kilo.	von 0—104 steigend	80
	0—170 "	64
	0—171 "	59
	0—171 "	74
	durchweg 150—170	zwischen 50 und 65
	von 150—294 steigend	34
	" 165—338 "	40

	Blut im Apparat in Ccm	Secundenvolum in Ccm
20. Mai. Körpergewicht 22 Kilo.	von 0—130 steigend	50
	0—163 „	65
	durchweg 150—170	zwischen 50 und 63
28. Juli. Körpergewicht 23 Kilo.	von 0—165 steigend	41
	0—165 „	43
	0—168 „	54
	0—171 „	52
	0—176 „	43
	durchweg von 150—170	von 33—43
	von 163—304 steigend	29
	166—298 „	30
	170—290 „	33
	174—306 „	31
	177—342 „	32

Mit der Blutmenge, welche in den Aichröhren enthalten, nimmt, wie im Voraus zu sehen war, die Stromstärke der Aorta ab und es fragt sich deshalb, ob nicht das Verfahren, bei welchem dem Kreislauf die geringere Menge von Flüssigkeit entzogen ist, den andern vorzuziehen sei. Diese Frage wird, insofern es sich um die Anwendung der dritten Art des Versuchs handelt, zu bejahen, mit Rücksicht auf die zweite dagegen zu verneinen sein. Soll die Messung zu der Zeit beginnen, in welcher beide Aichröhren leer sind, so kann das nur dadurch geschehen, dass vorher die Arterie während einer merklichen Anzahl von Herzschlägen verschlossen blieb, sodass die vom linken Ventrikel ausgeworfenen Massen, in dem Aortenstumpf sich einen Raum suchen, seinen Hohlraum ausdehnen, müssen. Dass dem wirklich so sei, können wir am Stand des Manometers ablesen, der durch die Carotis mit der Aorta communicirt. Weil aber die Räumlichkeit des Aortenstumpfs nur klein und jeder andere grössere Ausweg verschlossen ist, so kann sich, wie die Versuche von Waller lehren, der Ventrikel nur theilweise seines Inhaltes entledigen, es wird die Stauung bis in den Vorhof hinein fortschreiten, und das rechte Herz wird leerer als gewöhnlich, da es keinen Zufluss empfängt. Nimmt, wenn sich der beschriebene Zustand ausgebildet hat, die Messung ihren Anfang, so wird sie grössere Werthe ergeben, als sie zu einer Zeit erhalten worden wären, in welcher bis dahin dem aus dem Herzen kommenden Blut ein grösserer Abzugsweg eröffnet gewesen. Dass sich wirklich mit dem Beginn der Messung, d. h. mit dem Einfliessen des Blutes in die Aichröhren, der jetzt durch das Herz ausgeworfenen Masse noch eine andere, in einer früheren Zeit aufgestaute, beigemengt hat, ergiebt sich aus dem nun rasch herabgehenden Arteriendruck.

Werthvollere und namentlich wahrheitsgetreuere Ergebnisse sind zu erlangen, wenn man die Messungen ausführt, während die eine der Aichröhren sich aus der Arterie füllt, gleichzeitig aber sich die andere in die Vene entleert. Unter der Voraussetzung, dass die hierdurch bedingte, unverändert grosse Blutentziehung nur auf Kosten der Brustgefässe geschehen müsste, würde allerdings der gemessene Werth der Stromstärke unter denjenigen des unversehrten Zustandes herabgedrückt sein. Dagegen aber würden alle auch jetzt noch bemerkbaren Aenderungen der gemessenen Grössen nur auf einen Wechsel in den lebendigen Bedingungen des Kreislaufs zu beziehen sein, indem das gleichmässige Fliessen des Blutes zu und von den Aichröhren jene Schwankungen nicht zu erzeugen vermöchte. Weil nun anerkanntermaassen unsere Einsicht in die Gesetzmässigkeiten des Kreislaufs mehr gefördert ist durch den Nachweis, wann und wohin die Stärke des Stromes schwankt, als durch die noch so genaue Kenntniss der wahren Grössen seiner Aenderung, so würde schon aus diesem Grunde das von mir gewählte Verfahren den Vorzug verdienen. Um so gewisser als während seiner Anwendung die Geschwindigkeit der Strömung sich zwischen weiten Grenzen auf- und abbewegt, was die wenigen bisdahin mitgetheilten Zahlen zur Genüge zeigen.

Wenn in der bisher geführten Betrachtung als gültig angenommen wurde, dass die in den Aichröhren enthaltene Blutmenge allein aus dem Hohlraum des Herzens, der Lungengefässe und des Aortenstumpfes stamme und dass die Spannung des Kreislaufrestes entsprechend herabgesetzt sei, so ist doch beides noch nicht bewiesen, ja nicht einmal wahrscheinlich. Auf dem Wege, der aus den Gefässen der untern Körperhälfte durch die V. cava inferior zum Herzen führt, kann aus den untern Gliedmaasen und dem Unterleib Blut anlangen, und nachweislich geschieht es, sowie die genannten Abschnitte des Leibes hochgelegt oder gedrückt werden. Aus diesen Quellen lässt sich reichlich der Blutverlust ersetzen, welchen die den Kräften des rechten Ventrikels noch zugängigen Gefässbezirke erlitten haben. — Der Einwand, dass durch die von den Aichröhren in Beschlag genommene Blutmenge die natürliche Stromstärke merklich herabgesetzt werde, verliert somit seine Berechtigung. Dadurch dass die Vene und die Arterie in steter Verbindung mit den Aichröhren stehen, wird dagegen der weitere auf keine andere Art zu erreichende Vortheil erzielt, dass der Widerstand, unter welchem sich die linke Herzkammer entleert, dauernd auf gleicher Höhe bleibt. Nur unter dieser Bedingung wird es möglich, die Aenderungen der Stromstärke genau zu messen, welche von dem variablen Zuströmen des Blutes zum linken Herzen und von da aus zur Aorta abhängen.

Die Störungen der natürlichen Verhältnisse durch das zur Messung dienende Verfahren werden offenbar um so weniger in's Gewicht fallen, je

geringer das dem Kreislaufe entzogene Blutvolum und je gleichartiger die Geschwindigkeit der Strömung von und zu den Blutgefässen ist. Darum wird man die Röhren, welche die Blut- mit den Aichgefässen verbinden, so kurz als möglich und von einem Durchmesser wählen, der den der Arterie nur um ein Weniges übertrifft. Die Räumlichkeit der Aichgefässe selbst muss jedoch zum Mindesten das Volum fassen, welches vier bis sechs der kräftigsten und umfangreichsten Systolen eines grossen Hundeventrikels liefern.

Um den Zu- und Rückfluss in und aus den Aichröhren in allen Grenzen gleich gross machen zu können, muss die Geschwindigkeit, welche das zu der Vene hingehende Blut zu erlangen vermag, die Maximale des Arterienstromes übertreffen. Hierfür ist gesorgt durch den senkrechten Abtand der Aichröhren von der Vene und durch die genügende Weite der die beiden verbindenden Wege. Hält sich der Arterienstrom unter öfterem Schwanken unter seinem Maximum, so muss ihm das Abfliessen des Blutes in die Vene angepasst werden, durch Regulirung der Schraubenklemme, welche zwischen der Venencanüle und dem Stromwender eingeschaltet ist; sie wurde von einem geübten Gehülfen gehandhabt. Ob und inwieweit die Anpassung der Venen an den Arterienstrom gelungen ist, ergiebt sich aus den vergleichenden Ausmessungen der Curven, welche gleichzeitig von den beiden Röhren geschrieben wurden. Beide auszumessen ist niemals versäumt worden.

Vor der Mittheilung der Ergebnisse gebe ich die des Umfangs der Beobachtungen, auf welches ich meine Folgerungen gründe, vorzugsweise in der Absicht, um auch von der Art ihrer Benutzung Rechenschaft ablegen zu können. Denn die Summe der gewonnenen Zahlen ist selbst unter Beschränkung auf die Resultate der Versuche, welche ohne alle Störung verliefen, viel zu gross, als dass sie in dieser Abhandlung Platz finden könnten, und wollte man ihnen denselben einräumen, so würden sie eine Masse bilden, welche erst durch eine weitere Gruppirung belebt werden müsste Zu den stimmfähigen Versuchen rechne ich die an 15 Hunden angestellten. Von den in ihnen aus der Arterie gefüllten Aichröhren sind unter Berücksichtigung der zugehörigen Zeit 8700 und ebensoviele von den in die Vene entleerten gemessen, und daneben ist eine weit über 50000 hinausgehende Menge der Pulse gezählt worden. Aus den jedem Versuche angehörigen Messungen und Zählungen wurden Tabellen dem zeitlichen Verlaufe folgend angefertigt. Eine von den hieraus entstandenen Tabellen theile ich am Ende dieser Abhandlung mit.

I. Die Stromstärke in der Aorta.

1. Ueber die Abhängigkeit derselben von der Schlagfolge des Herzens.

Gegen die früher allgemein für richtig gehaltene Annahme: es wachse die Stromstärke der Aorta in geradem Verhältniss mit der Häufigkeit der Herzschläge ist mit Recht der Einwand erhoben worden, dass diese Behauptung nur dann eine Gültigkeit beanspruchen dürfe, wenn mit jeder Systole gleich viel Blut ausgeworfen werde. Soll das letztere geschehen, so muss, wenn sich der Ventrikel bei seiner Systole jedesmal so weit als möglich zusammenzieht, die ihm in der Diastole zugeführte Blutmenge stets gleich gross, also unabhängig von deren Dauer und des während ihr in den Venen vorhandenen Druckes, bleiben. Oder aber es müsste die in ungleichem Grade gefüllte Kammer ihre Zusammenziehung nur soweit treiben, bis sie ein stets gleich grosses Volum ausgestossen hätte. Beides ist mindestens unwahrscheinlich. — Da wir auf mehrfache Weise die Schlagfolge des Herzens nach Belieben zu variiren vermögen, so würden sich auf dem Wege des Versuches die bestehenden Zweifel beseitigen lassen, wenn wir darüber Gewissheit besässen, ob eines der zur Benutzung herbeigezogenen Mittel nur die Häufigkeit des Pulses beeinflusste, ohne in die übrigen Bedingungen einzugreifen, an welche die jeweilige Stärke des Stromes gebunden ist. Dass dem die Pulszahl ändernden Wachsen oder Sinken der Körpertemperatur eine solche ausschliessliche Befähigung abgeht, steht seit je ausser Frage und dass die Reizung des peripheren Stumpfes des durchschnittenen N. vagus ohne alle Nebenwirkung nur den Eintritt der Systole hinausschiebe, wird nicht mehr angenommen werden dürfen, seit wir wissen, dass in der Bahn des Nerven Fasern enthalten sind, welche unabhängig von der Häufigkeit des Herzschlages den Blutdruck heben oder herabsetzen. Kommen wir aber zu der Meinung dass eine gleiche, jedoch durch verschiedene Mittel bewirkte Herabsetzung der Schlagzahl von wesentlichen Abweichungen in den übrigen Eigenschaften des Blutes oder der Gefässe begleitet seien, so wird man die Aenderungen in der Stromstärke, welche in Folge einer Nervenreizung, eines Temperaturwechsels u. s. w. hervortreten, nicht mehr ausschliesslich auf Rechnung der vermehrten oder verminderten Häufigkeit des Herzschlages setzen dürfen. Obwohl es mir unthunlich erscheint, den Einfluss gesondert darzustellen, welchen die Schlagfolge des Herzens auf die Stromstärke in der Aorta übt, so halte ich es dennoch für gerechtfertigt, meine Beobachtungen zu einer Vergleichung der Schlagfolge mit der gleichzeitig vorhandenen Stromstärke zu benutzen, sei es auch nur um ein altes Vorurtheil zu zerstreuen.

Wenn die N. vagi auf ihrem Verlaufe unterhalb des Kehlkopfes durchschnitten sind, die Temperatur auf der normalen Höhe bleibt und das Thier im Uebrigen vollkommen ruhig und unangefochten da liegt, so ist die Pulsfolge zwar immer eine rasche, aber eine keineswegs immer gleiche. Die Zeit, welche zwischen dem Beginn je zweier Systolen verstreicht, kann zwischen 0·25 bis 0·50 Secunden und mehr schwanken.

Ob in diesen Grenzen die Stromstärke mit der abnehmenden Schlagdauer wächst, lässt sich ermitteln, wenn die letztere sich nicht sprungweise, sondern in allmählichem Steigen und Fallen ändert, sodass für die Dauer von wenigen Secunden hin die Schlagfolge nahezu gleich rasch bleibt. Geschieht dieses, so kann aus der Zeit, welche zur Füllung einer Aichröhre nöthig ist, die Stromstärke, und aus der Zahl der während jener Zeit aufgetretenen Herzschläge ein Mittelwerth für die Schlagdauer abgeleitet werden, welcher nur um Hunderttheile einer Secunde von den wahren abweichen kann. Da das eben geschilderte Vorkommen keineswegs ein seltenes ist, so lassen sich grössere Zahlenreihen gewinnen.

In den folgenden Tabellen lege ich aus 4 meiner Versuche eine Vergleichung der Stromstärke und der Schlagdauer vor. Die Zahlen sind nach dem Wachsthum der letztern geordnet; die gesammte Zeit, aus welcher die mittlere Schlagdauer abgeleitet wurde, ist in die 3. Spalte unter der Ueberschrift Füllungszeit der Aichröhre eingetragen. Nur in der am 13. Mai angestellten Beobachtung stieg diese Zeit bis auf 15 Secunden, in den übrigen nur einigemal über 5 Secunden, in der Regel betrug sie weniger als 4 Secunden. Demnach bezieht sich das Mittel für die Schlagdauer nur auf je eine sehr geringe Zahl von Pulsen. Im zweiten Stabe steht zuweilen eine, häufiger zwei Zahlen. Im erstern Fall kam in der Versuchsreihe die voranstehende Schlagdauer nur einmal vor. Die Schlagdauer dagegen, hinter welcher zwei Zahlen stehen, war öfter wiedergekehrt, und während ihres Bestehens war die Stromstärke bald grösser und bald geringer gewesen. Von den beiden hier angeführten Zahlen giebt die vordere den minimalen und die hintere den maximalen Werth unter den mannigfachen anderen an, welche neben ihnen zur Beobachtung kamen. Von den Zeitangaben in der dritten Spalte bezieht sich die erste auf die in der zweiten Spalte voranstehende Stromstärke, die andere auf die dort nachfolgende. (Siehe nebenstehende Tabellen.)

Die Beobachtungen machen uns mit einem häufigen und zum Theil umfangreichen Wechsel in der Stromstärke der Aorta bekannt, welcher weniger unerwartet gewesen sein würde, wenn noch der ganze Aortenbaum dem Kreislauf offengestanden hätte. Wir würden dann in ihnen einen Ausdruck gefunden haben für die vielfach bestätigten Beobachtungen von Lovén über rhythmische Contractionen der Gliederarterien und für die

13. Mai. Körpergewicht 18·4 Kilo.
Schnitt durch die Vierhügel.

Schlagdauer in Sec.	Stromstärke der Aorta in Ccm	Füllungszeit der Aichröhre in Sec.
0·29	13	9·0
0·31	11—15	6·3—10·2
0·32	12—13	5·8— 8·7
0·33	11—13	15·0—12·0
0·35	13	11·3
0·36	11—14	10·0— 6·5
0·37	13	6·4
0·38	16	10·0
0·40	12—13	6·0— 6·0
0·43	10	5·6
0·46	11	14·0
0·51	11	5·7

30. Mai. Körpergewicht 13 Kilo.
Curarevergiftung.

Schlagdauer in Sec.	Stromstärke der Aorta in Ccm	Füllungszeit der Aichröhre in Sec.
0·29	41	3·2
0·30	38—41	3·3—4·0
0·31	38—40	3·5—3·5
0·32	36—39	4·5—4·2
0·33	37—38	4·6—4·3
0·34	38	4·4
0·35	37—39	4·5—4·2
0·36	31—37	4·4—4·3
0·38	31—36	4·2—4·2
0·39	31—32	4·3—3·9
0·40	31—33	4·0—4·0

20. Mai. Körpergewicht 22 Kilo.
Opiumvergiftung.

Schlagdauer in Sec.	Stromstärke der Aorta in Ccm	Füllungszeit der Aichröhre in Sec.
0·25	52	1·0
0·29	48	2·0
0·30	52—62	2·7—1·2
0·31	54—75	2·6—2·2
0·32	49—68	2·6—1·3
0·33	48—58	1·3—2·0
0·34	51—69	2·7—2·4
0·35	43—63	1·4—1·4
0·36	47—61	2·5—2·5
0·37	50—58	2·6—2·2
0·38	50—55	3·1—2·7
0·39	50	3·1
0·40	42—59	3·2—2·0
0·41	41	2·8
0·42	49—51	3·0—3·0
0·44	43—49	3·5—3·1
0·46	49	3·2
0·47	46—54	2·8—2·8
0·48	46	2·4
0·50	50—58	1·5—3·0
0·51	52	3·1

28. Juli. Körpergewicht 23 Kilo.
Curare.

Nur einen N. vagus durchschnitten.

Schlagdauer in Sec.	Stromstärke der Aorta in Ccm.	Füllungszeit der Aichröhre in Sec.
0·30	50	0·3
0·37	38	3·0
0·38	40—42	3·0—1·9
0·39	31—42	3·9—2·5
0·40	31—56	4·0—0·8
0·41	32—40	4·1—3·3
0·42	29—34	4·6—4·7
0·43	32—50	3·9—1·3
0·44	31—36	3·1—2·2
0·45	31—32	5·4—3·7
0·46	33—52	5·1—1·4
0·47	37—41	4·7—3·3
0·48	35—39	2·9—3·9
0·50	35—57	4·6 2·0
0·51	33	5·1
0·52	32—41	5·2 · 2·6
0·53	53—55	1·6—1·0
0·55	40	1·1
0·56	35	3·9

Beide N. vagi durchschnitten.

Schlagdauer in Sec.	Stromstärke der Aorta in Ccm.	Füllungszeit der Aichröhre in Sec.
0·32	31	5·5
0·35	36—44	4·6—3·2
0·36	34—43	5·1—4·3
0·37	34—41	3·3—4·4
0·38	32—44	4·6—4·2
0·39	46	3·5
0·40	35	3·6
0·41	37	3·7
0·42	36—37	3·4—2·5
0·43	35—37	2·6—3·9
0·44	33—36	5·3—4·8
0·46	37	4·6
0·47	36	4·7

periodischen Hebungen des arteriellen Druckes, auf welche Traube und Hering die Aufmerksamkeit gelenkt haben. In einem Gefässabschnitt, wie der hier benutzte, welcher wesentlich nur aus dem kleinen Kreislauf besteht, würde man dagegen auf einen gleichmässigen Strom gefasst gewesen sein. Um die Schwankungen erklärlich zu finden, müssen wir auch in dem Lungenkreislauf einen häufigen Wechsel in den Eigenschaften der Strombahn unterstellen. Auf die veränderliche Schlagdauer des Herzens sind sie wenigstens nicht allein zurückzuführen, denn aus der Vergleichung dieser mit den Variationen der Stromstärke ist zu ersehen, dass gleiche Stromstärken bei sehr verschiedenen Häufigkeiten des Pulses und umgekehrt bei derselben Pulsfolge sehr verschiedene Stromstärken auftreten.

Besitzt dessen ungeachtet die Schlagdauer eine Bedeutung für die Stromstärke, so tritt ihr Werth jedenfalls in den Hintergrund gegen andere mächtigere Einflüsse. In der That müsste auch die Herrschaft, welche der Schlagdauer über die Stromstärke zugewiesen wäre, eine sehr bedeutende sein, wenn sie sich in den Grenzen der Pulsbeschleunigung geltend machte, welche in den tabellarisch verzeichneten Beobachtungen bestanden. Bei Schlagzahlen, welche sich zwischen 200 bis 120 in der Minute bewegen, kann der Widerstand, welchen das während der Diastole einströmende Blut im Herzen findet, nicht wesentlich verschieden sein und ebensowenig die durch die Systole bewirkte Verengung der Herzhöhle, denn es ist aus dem Anblick des blossgelegten Herzens bekannt, dass bei einer raschen Pulsfolge der Umfang der Ventrikel von der Diastole zur Systole hin nur wenig wächst und abnimmt. Später komme ich hierauf noch einmal zurück.

Deutlicher, wenn auch nicht allein maassgebend, musste die Wirkung der Schlagdauer hervortreten, während einer durch die Reizung der N. vagi bedingten Verlangsamung des Pulses. Um zu zeigen, inwieweit dieser Annahme durch die Thatsachen entsprochen wird, lege ich zunächst die Mittelwerthe vor, welche den Stromstärken während längerer Reizungsdauer des Vagus zukamen. Ihnen sind die Stromstärken gegenübergestellt, welche sich bei ruhenden, durchschnittenen Nerven ergeben hatten.

In den Stäben ist der Reihe nach eingetragen, die Zeitdauer, aus welchen die Mittel genommen wurden, die mittleren und die Grenzwerthe der Schlagdauer, die während der Beobachtungszeit auftraten, die mittlere Stromstärke und die Angabe, ob der Nerv ruhte oder gereizt wurde. In der Regel folgen sich die Zahlen nach der Ordnung, in welcher sie von dem Thiere geliefert wurden. Aus dem jedem Versuche vorgesetzten Datum ist zu erkennen, dass die Versuchsobjecte dieselben sind, von welchen auch die auf S. 21 mitgetheilten Beobachtungen herrühren.

Dauer der Beobachtung in Sec.	Mittlere Schlagdauer in Sec.	Grenzwerthe der Schlagdauer in Sec.	Mittlere Stromstärke in Ccm.	Reizung.
		13. Mai. Körpergewicht 18 Kilo.		
59·3	0·34		12·6	ohne
23·5	0·43	0·41—0·46	12·4	während
11·9	0·36		12·2	ohne
3·2	0·53	0·53	19·4	während
21·5	0·35		13·0	ohne
41·2	0·44	0·35—0·54	14·9	während
50·5	0·36		12·4	ohne
77·1	0·48	0·34—0·88	12·7	während
26·0	0·49		12·1	ohne
38·9	0·95	0·53—1·80	12·4	während
33·8	0·42		12·3	ohne
		20. Mai. Körpergewicht 22 Kilo.		
30·1	0·40		47·5	ohne
28·3	0·94	0·72—1·80	42·0	während
30·2	0·38		51·0	ohne
18·6	1·00	0·60—1·27	32·5	während
14·4	0·43		48·0	ohne
47·2	0·49	0·36—0·78	43·6	während
21·9	0·43		47·0	ohne
		30. Mai. Körpergewicht 13 Kilo.		
101·3	0·34		34	ohne
24·6	0·60	0·34—2·00	28	während
42·9	0·34		37	ohne
13·7	0·90	0·63—2·00	28	während
40·6	0·35		36	ohne
14·6	0·50	0·38—0·75	31	während
10·3	0·38		35	ohne
52·4	0·40	0·42—0·56	32	während
13·9	0·42		36	ohne
53·4	0·49	0·43—0·60	34	während
46·5	0·43		33	ohne
		28. Juli. Körpergewicht 23 Kilo.		
		A. Ein Vagus erhalten, der andere durchschnitten und gereizt.		
33·3	0·45		34	ohne
22·9	0·61	0·45—1·50	32	während
34·0	0·42		39	ohne
5·5	1·10	0·65—1·85	28	während
36·7	0·41		41	ohne
11·1	1·11	0·74—1·80	32	während
29·6	0·42		36	ohne
3·6	1·20	1·6 —2·0	28	während
50·7	0·42		34	ohne
9·7	1·60	1·3 —2·0	24	während
2·3	0·46		54	ohne
94·1	0·69	0·44—1·60	33	während

Dauer der Beobachtung in Sec.	Mittlere Schlagdauer in Sec.	Grenzwerthe der Schlagdauer in Sec.	Mittlere Stromstärke in Ccm.	Reizung.
		B. Der zweite Vagus durchschnitten.		
40·1	0·44		35	ohne
6·9	0·43	0·37—0·54	51	während
17·4	0·38		32	ohne
6·4	0·45	0·45—0·46	49	während
5·4	0·38		30	ohne
4·4	0·40	0·37—0·46	51	während
9·0	0·40		37	ohne
81·4	0·49	0·35—1·80	37	während
32·9	0·44		36	ohne

Aus den Zahlen ergiebt sich, dass die mittlere Stromstärke in der Aorta während der Reizung des N. vagus grösser oder geringer als während der Ruhe des Nerven werden kann. Besprechen wir zuerst die Beobachtungen mit Rücksicht auf die minderwerthige Stromstärke.

In den Beobachtungen vom 13. Mai geht während der Reizung des N. vagus die Stromstärke niemals unter die während der Nervenruhe vorhandene herab. Doch ist dieser Versuch auch insofern von anderen abweichend, als die Stromstärke immer eine weit geringere ist, als sie unter Berücksichtigung des Körpergewichtes zu erwarten war. Dem Thiere war das Hirn hinter den Vierhügeln durchschnitten, ein Eingriff, dem vielleicht zuweilen eine besondere Bedeutung zukommt.

In den Versuchen vom 20. und 30. Mai und 28. Juli wurde dagegen jedesmal eine mindergrosse Stromstärke beobachtet, wenn die Reizung länger als 10 Secunden und die mittlere Schlagdauer mehr oder etwas weniger als 0·50 Sec. betrug. Aber auch dann war die Herabsetzung nicht bedeutend. Die Beurtheilung der Verhältnisse wird es erleichtern, wenn ich noch einmal die hierher gehörigen Zahlen wiederhole.

	Dauer der Reizung in Sec.	Mittlere Schlagdauer in Sec.	Mittlere Stromstärke in Ccm.	Grenzen der Stromstärke während der Nervenruhe in Ccm.
20. Mai	28·3	0·94	42	von 47—51
	18·6	1·00	33	
	47·2	0·49	44	
30. Mai	24·6	0·60	28	von 33—37
	13·7	0·90	28	
	14·6	0·51	31	
	52·4	0·40	32	
	53·4	0·49	34	
28. Juli	22·9	0·61	32	von 33—54
	11·1	1·11	32	
	94·1	0·69	33	
	81·4	0·49	37	

Erfahrungen wie die vorliegenden berechtigen zu der Behauptung, dass durch eine kräftige und dauernde Reizung d. N. vagus die mittlere Stromstärke herabgesetzt werde, aber einen genaueren Aufschluss über die Abhängigkeit des letzteren von der Schlagdauer können sie nicht gewähren. Sie zeigen, dass die vom theoretischen Gesichtspunkte aus verlangte Wirkung der Schlagdauer offenbar von anderen sie ausgleichenden Vorkommnissen durchkreuzt werden kann, und dass dieses wirklich der Fall, geht aus einer eingehenderen Darstellung der Beobachtungen hervor, die den gezogenen Mittelwerthen zu Grunde liegen. Um die Zahlen nicht allzu sehr zu häufen, gebe ich aus jedem der Versuche nur je ein Beispiel. Ausserdem verweise ich auf die Figurentafeln II und III, von welchen II das Bild schwacher, III dasjenige starker Reizung wiedergiebt.

Reizung eines N. Vagus.

20. Mai			30. Mai			28. Juli		
Schlagdauer in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.	Füllungszeit der Aichröhre in Sec.	Schlagdauer in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.	Füllungszeit der Aichröhre in Sec.	Schlagdauer in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.	Füllungszeit der Aichröhre in Sec.
0·43	47	3·0	0·34	37	4·5	1·02	18	8·2
0·40	48	2·4	0·34	37	4·5	0·92	13	4·6
0·37	60	2·2	0·87	16	5·2	1·00	37	4·0
0·36	46	2·5	1·80	19	1·8	0·80	30	4·0
0·50	46	2·0	0·90	26	1·8	0·82	30	5·8
0·78	43	3·1	0·90	24	1·9	0·72	31	5·1
0·62	35	3·1	2·00	18	2·0	0·92	27	5·5
0·50	30	4·0	1·00	24	1·0	0·90	33	4·5
0·45	38	3·6	1·30	34	1·3	0·52	48	3·7
0·64	38	3·2	0·60	57	0·6	0·52	45	3·7
0·58	37	2·9	Mittel	Mittel	Summa	0·44	31	4·8
0·56	34	2·8	0·60	28·1	24·6	0·61	37	4·3
0·48	43	2·9				0·47	45	3·8
0·50	55	3·0				1·00	31	5·0
0·58	47	3·5				1·60	46	3·2
0·42	52	3·0				0·88	28	6·1
Mittel	Mittel 44	Summa				0·57	21	4·0
0·49		47·2				0·53	35	4·8
						0·48	32	5·3
						0·46	46	3·7
						Mittel	Mittel 33	Summa
						0·69		94·1

Bei der Betrachtung der Zahlenreihen tritt uns ein ungewöhnlich starker und regelloser Wechsel in der Stromstärke entgegen, und zugleich ein solcher in den Schlagdauern, insofern üben also die Unregelmässigkeiten des Herzschlages einen bestimmenden Einfluss auf den zeitlichen Verlauf des Aortenstromes. Keineswegs aber sehen wir, dass die nach längeren Pausen eintretenden Systolen regelmässig die Beschleunigung des Blut-

stromes herabmindern. Denn wenn auch in einzelnen Fällen die langsame Pulsfolge zu ungewöhnlich niedrigen Stromstärken führt, so bieten sich doch nicht selten auch Beispiele dar, in welchen trotz langer Diastolen die Stromstärke eine ungewöhnlich grosse wird.

Wenn die Reizung des N. vagus kürzer als 10, etwa nur 4 bis 6 Secunden anhielt, so boten sich je nach der Intensität des reizenden Inductionsstromes zweierlei Erscheinungen. War die Reizung eine kräftige, so sank gewöhnlich die Stärke des Aortenstromes, war sie dagegen so schwach, dass sie sich in der Schlagfolge kaum bemerklich machte, so erhob sich öfter der Aortenstrom zu einer Mächtigkeit, wie sie während der Ruhe des Nerven nie sichtbar gewesen war. — Beispiele für das letztere Verhalten sind die zweite Vagusreizung am 13. Mai, ferner die 7. und 9. am 28. Juli. Obwohl sich auch noch in einem anderen, bis dahin noch nicht erwähnten Versuche das Gleiche findet, so wage ich doch vorerst noch nicht die Behauptung, dass eine schwache Reizung des N. vagus eine Steigerung des Aortenstromes herbeizuführen vermöge. Immerhin aber wird in Zukunft auf die Folgen schwacher Reizung besonders zu achten sein. Möglicher Weise liefern sie Beweise dafür, dass der erregte N. vagus nicht ausschliesslich durch die veränderte Schlagfolge des Herzens in den Verlauf des Blutstromes eingreift.

2. Die Abhängigkeit der Stromstärke von dem Tonus der Gefässe.

Ob das neue Verfahren geeignet sei, Aufschluss über die Veränderungen in der Stromstärke der Aorta zu gewähren, welche durch die Erregung der zu den Körpergefässen gehörigen Nerven bedingt sind, konnte von vornherein bezweifelt werden. Durch den Verschluss des Stammes war der Kreislauf in den Aesten der Aorta abgestellt, und der Inhalt der Arterien, deren Wand vorzugsweise von den Gefässnerven beherrscht wird, jedenfalls ein beschränkter geworden. Den hieraus fliessenden Bedenken gegenüber gewährten jedoch Hoffnung auf einen Erfolg die Beobachtungen von Slavjansky, welche bewiesen hatten, dass auch nach der Unterbindung der Aorta thoracica durch die Reizung des Halsmarkes der Strom aus der V. cava inferior beschleunigt wird. Mein Unternehmen, die Stromstärke zu messen während einer auf verschiedene Art bewirkten Reizung der Nerven, ist denn auch nicht unbelohnt geblieben.

Mit den bis dahin angewendeten Methoden: der Schätzung des Durchmessers sichtbarer Arterien und des Farbentones von Capillargebieten, der Bestimmung des Blutdruckes, der Messung der Temperatur, der Auswerthung der Stromstärke in grösseren Arterienästen durch die Stromuhr und der variablen Ausflussmenge aus geöffneten Venen, hat man, wie bekannt, darzuthun vermocht, dass der Erregungsgrad vielfacher Nerven auf die Vertheilung und die Stromstärke des Blutes in einzelnen Abschnitten des Ge-

fässbaumes mächtig zu wirken vermag und noch mehr, dass je nach der Art der ergriffenen Nerven und der Reizungsweise selbst, die Richtung, nach welcher der Strom sich gesteigert zeigt und der Umfang, in dem er anwächst, wesentlich verschieden ausfällt. — Von diesen Erfahrungen aufgefordert, habe ich ebenfalls die Art der Nervenreizung variirt, namentlich dadurch, dass zwischen die Elektroden des Inductoriums das Halsmark, oder der centrale Stumpf eines sensiblen Nerven gebracht wurde, oder durch Erstickung u. A. Jede der genannten Abänderungen des Versuches, sollten seine Folgen nach allen Richtungen hin erschöpft werden, würde jedoch eine ausgedehntere Reihe von Beobachtungen fordern, als sie diesmal erbracht werden kann.

A. Die Stromstärke in der Aorta während der Ruhe und Reizung des Halsmarkes.

Nachdem die zur Ausführung der Aichung nothwendigen Canülen in die Gefässe des curarisirten Hundes eingebunden waren, wurde unter Innehaltung bekannter Vorschriften das Halsmark im Bereiche des zweiten Wirbelbogens blossgelegt und darauf entweder innerhalb des Sackes der Dura durchschnitten oder unversehrt gelassen. In jedem Falle wurden dann zwei bis nahe zur Spitze übersponnene Drähte in den Canal geschoben, der eine mehr, der andere weniger tief. An ihrem Eintritte durch die Knochenöffnung wurden die Drähte durch einen Keil aus Kork getrennt gehalten, der letztere aber selbst mittelst eines durch die Muskeln geführten Fadens auf den Knochen festgedrückt, die Wunde vernäht und die freien Enden der Drähte an je eine in das Operationsbrett eingelassene Polklemme geschraubt. Nach Vollendung aller übrigen Vorbereitungen wurden vor dem Beginn der Reizung die beiden N. vagi am Halse durchschnitten, um während der Ruhe und der Erregung des Rückenmarkes die Schlagdauer des Herzens möglichst gleich zu halten, ein Erfolg, der so vollkommen erreicht wurde, dass ich den früheren Mittheilungen gemäss, von der Erwähnung der Schlagdauer absehen kann.

Zur Versinnlichung des Erfolges der Markreizung eignen sich in erster Linie die Bausen der während des Versuches aufgezeichneten Linien, s. Tafel IV. Aus dem Grade der Steilheit ihres Emporsteigens ergiebt sich die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Aichröhren füllten. — Einen genaueren, noch übersichtlicheren Ausdruck für die Aenderung der Stromstärke erhält man jedoch durch die bei der Ausmessung der Linien gewonnenen Zahlen.

Um durch sie die Wirkung des Markreizes auf den Aortenstrom darzulegen, könnte man so verfahren wollen, dass man als Ausgangspunkt die Strom-

stärke benutzte, welche durch ein unmittelbar vor dem Beginn der Reizung gefülltes Aichungsrohr nachgewiesen ist. Hierdurch würde man aber den Einfluss des erregten Markes über- oder unterschätzen, weil auch vor der Anwendung des Reizes die Stromstärke häufigen und nicht unbedeutenden Schwankungen unterliegt. Statt dessen ist es zur Erkennung der Unterschiede des Geschehens vor, während und nach der Reizung geeigneter, Mittelwerthe zur Vergleichung herbeizuziehen, die aus einer längeren, der Erregung des Markes vorausgegangen und nachfolgenden Zeit abgeleitet sind, weil erfahrungsgemäss während der Ruhezeit des Markes kleinere mit grösseren Werthen der Stromstärke abwechseln. Ihnen kann die während der Reizungsperiode vorhandene mittlere Stromstärke gegenübergestellt werden. Würde man sich aber auf die Angabe des Mittelwerthes aus den während der Reizungsperiode gelieferten Stromstärken beschränken, so würden damit wesentliche Eigenthümlichkeiten ihrer Aenderung verdeckt; darum wird es nothwendig, auch den Verlauf darzulegen, welchen die Stromstärke während der Reizungsdauer nimmt.

Nach dieser Vorschrift sind die nachstehenden Angaben geordnet. Jede der mitgetheilten Beobachtungen beginnt mit der Angabe des Mittelwerthes der Stromstärke vor der Reizung, beigefügt ist die Zeit und die Zahl der Röhren, auf die er sich bezieht. Dann folgt das Ergebniss der Reizung; die während ihrer Dauer gefüllten Röhren sind unter Angabe der Zeit, welche zu ihrer Füllung verbraucht ward, einzeln aufgeführt, sodass der Verlauf des Wachsthumes der Stromstärken deutlich hervortritt, und endlich folgt wieder ein Mittelwerth der aus dem Zeitraume abgeleitet ist, während dessen die Nachwirkung der Reizung sich deutlich aussprach. (Siehe nebenstehende Tabellen.)

Zur vollständigen Schilderung der Wirkungen des erregten Markes gehört noch was ein in die A. carotis eingefügtes Federmanometer sehen liess. Die Wellenlinie, welche dasselbe verzeichnet, bewegt sich stets auf und ab, um eine Horizontale, desshalb weil der Druck, unter welchem der Aorteninhalt steht, durch seine offene Verbindung mit einer der Aichröhren immer gleich gross bleiben muss. So lange das Rückenmark ruht, sind die Abweichungen der Pulscurve diesseits und jenseits der Geraden zwar stets deutlich, aber ihr Umfang beträgt nicht mehr als 0·5 bis 1·5^{mm}. Wird dagegen das Halsmark erregt, so steigert sich die Excursion der Pulse, sodass sie, wenn der Ausfluss aus der Arterie seine grösste Geschwindigkeit erreicht, bis zu 3 ja bis zu 5^{mm} anwächst. Ist der elektrische Kreis, in welchen das Halsmark eingeschaltet war, geöffnet, so nimmt dann die Höhe der Pulscurve wieder allmählich bis zu der vor der Reizung vorhandenen ab. So regelmässig tritt das beschriebene Verhalten

4. Juni. Körpergewicht 18 Kilo.

Bemerkungen.	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
Ruhendes Mark. Mittel aus 17 Röhren . . .	54·4	35
Reizung des Markes	4·5	40
	3·8	40
	4·1	42
	3·5	49
	3·5	49
Summe der Reizungszeit und Mittel der Stromstärke	19·4	44
Nachwirkung d. Reizung. Mittel aus 18 Röhren	55·8	39
Ruhendes Mark. Mittel aus 10 Röhren . . .	88·1	17
Reizung des Markes	4·5	30
	3·5	30
	4·0	42
	3·7	44
	4·0	43
	3·0	53
	3·7	46
Summe der Reizungszeit u. Mittel der Stromstärke	26·4	43
Nachwirkung d. Reizung. Mittel aus 12 Röhren	52·7	36·4
Ruhendes Mark. Mittel aus 7 Röhren . . .	42·2	26
Reizung des Markes	3·7	43
	3·3	46
	4·0	42
	3·3	46
	3·8	45
	3·5	48
	3·5	48
Summe der Reizungszeit u. Mittel der Stromstärke	25·1	46
Nachwirkung d. Reizung. Mittel aus 5 Röhren	18·4	46
„ „ 6 „	18·0	39
„ „ 7 „	33·2	30

26. Juni. Körpergewicht 26 Kilo.

Bemerkungen.	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
Ruhendes Mark. Mittel aus 8 Röhren . . .	108·3	11
Reizung des Markes	7·5	21
	7·8	20
	7·1	24
	7·2	24
	7·2	22
	7·8	22
Summe der Reizungszeit u. Mittel der Stromstärke	45·1	23
Nachwirkung d. Reizung. Mittel aus 8 Röhren	59·6	21

1. Juli. Körpergewicht 19·5 Kilo.
Rückenmark unversehrt.

Bemerkungen.	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
Ruhendes Mark. Mittel aus 4 Röhren . . .	48·2	12·5
Reizung des Markes	6·7	15
	7·6	20
	6·9	24
	6·0	28
Summe der Reizungszeit u. Mittel der Stromstärke	27·2	22
Nachwirkung d. Reizung. Mittel aus 11 Röhren	41·2	38
„ „ 10 „	36·4	35

Aortenbeutel vorübergehend entleert und wieder gefüllt.

Bemerkungen.	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
Ruhendes Mark. Mittel aus 15 Röhren . . .	18·3	14
Reizung des Markes	0·5	20
	0·5	26
	0·5	22
	0·5	20
	0·7	26
	0·5	20
	0·7	28
	0·5	20
	1·6	17
	0·7	20
	2·0	18
	2·0	19
Summe der Reizungszeit u. Mittel der Stromstärke	10·7	21
Nachwirkung d. Reizung. Mittel aus 5 Röhren	14·9	17

5. Juli. Körpergewicht 28 Kilo.

Bemerkungen.	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
Ruhendes Mark. Mittel aus 15 Röhren . . .	54·8	38
Reizung des Markes	2·5	52
	2·3	50
	2·1	50
	2·2	49
	1·9	53
	2·1	54
	1·5	40
	1·7	60
	1·0	68
	0·7	47
	2·3	68
	1·8	68
	1·9	63
Summe der Reizungszeit u. Mittel der Stromstärke	24·0	56

18. Juli. Körpergewicht 19·5 Kilo.
Rückenmark unversehrt.

Bemerkungen.	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
Ruhendes Mark. Mittel aus 6 Röhren . . .	63·8	14
Reizung des Markes, V. cava infer. verschlossen	10·5	13
	9·8	14
	10·0	14
Reizungszeit und mittlere Stromstärke bei geschlossener V. cava	30·3	14
Reizung des Markes, V. cava inf. geöffnet	9·6	15
	10·5	15
	10·5	16
Reizungszeit und mittlere Stromstärke bei offener V. cava . .	30·6	15
Nachwirkung d. Reizung. Mittel aus 2 Röhren	23·2	15
„ „ 3 „	37·6	13

23. Juli. Körpergewicht 25 Kilo.
Rückenmark durchschnitten.

Bemerkungen.	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
Ruhendes Mark. Mittel aus 5 Röhren . . .	25·7	16·0
Reizung des Markes	6·4	21
	9·5	18
	8·0	22
	7·2	25
	7·3	25
	7·7	25
	7·8	26
	8·4	27
	8·8	28
	9·2	26
	8·4	31
	10·1	26
	9·3	27
Summe der Reizungszeit u. Mittel der Stromstärke	104·8	26
Nachwirkung d. Reizung. Mittel aus 20 Röhren	90·4	26
Reizung des Markes	2·5	30
	1·3	36
	3·0	34
	1·6	29
Reizungszeit und mittlere Stromstärke . .	8·4	34
Nachwirkung d. Reizung. Mittel aus 7 Röhren	14·2	29

der Pulsschwankungen auf, dass man mit Sicherheit aus seinem Eintritt das Wirksamwerden der Markreizung auf die Stromstärke voraussagen kann.

Einmal, im Versuch vom 26. Juni, nahm die Pulscurve während der Reizung des Halsmarkes eine ganz eigenthümliche Gestalt an. Wenn das Mark ruhte, sahen sich die auf einander folgenden Pulsschwankungen voll-

kommen ähnlich. Mit der Reizung des Markes wurde dagegen im regelmässigen Wechsel von zwei aufeinander folgenden eine Excursion grösser und die andere kleiner. Während der ersten 20 der 86 Secunden dauernden Reizung war der Unterschied noch wenig ausgeprägt, von der 40. Secunde an dagegen in einem solchen Grade, dass es schien, als ob statt der doppelten genau nur die halbe Zahl aber stark dicrotischer Puls vorhanden gewesen sei. Nach Beendigung der Reizung kehrte dann etwas rascher als sie entstanden die frühere gleichmässige Höhe der Pulse wieder. Weil die Zeit, welche das Paar ungleich grosser Pulse zum Ablaufen verbrauchte, genau so viel wie die von zwei gleich grossen betrug und weil der Uebergang von der Gleichheit zur Ungleichheit stufenweise erfolgte, ist man zu der Annahme berechtigt, dass die Erscheinung auf einem regelmässigen Wechsel starker und schwacher Systolen zu beziehen sei.

Kehren wir zur Betrachtung der Stromstärke in der Aorta zurück, so erkennen wir, dass sich dieselbe während der Reizung des Halsmarks sehr bedeutend steigert. Als ein zufälliges Zusammentreffen kann das Wachsthum der Stromstärke mit der Erregung des Markes nicht gelten. Dagegen sprechen die absoluten und die von der Zeit abhängigen Zunahmen des Anwachsens. — Allerdings auch wenn das Mark von künstlichen Eingriffen verschont bleibt, schwankt die Stärke des Stromes aber in einem weit geringeren Umfange, als ihn die Reizung herbeiführt. — Dazu kommt, dass mit dem Beginn der Reizung auch die Stromstärke emporgeht, und dass sie mit der Fortdauer der Reizung allmählich bis zu einem Maximum getrieben wird. Bekannten Eigenschaften des zeitlichen Verlaufes einer dem Rückenmark eingepflanzten Erregung entspricht es ferner, dass nach der Ausschaltung des Markes aus dem reizenden Strome die Stromstärke nicht plötzlich, vielmehr nur langsam von der erreichten Höhe und meist unter Schwankungen herabsinkt.

Gegen solche Beweise kommt der Einwand nicht auf, der daraus genommen werden kann, dass sich öfter der reizende Eingriff unwirksam zeigt. Ihm ist zunächst zu erwidern, dass bei keinem der zum Versuch herbeigezogenen Thiere der Erfolg fehlte und dass, wenn er trotz der Einschaltung des Markes zwischen die Elektroden zuweilen ausblieb, genügende Gründe hierfür in den Bedingungen des Versuches lagen. Zu den letzteren gehören die ungenügende Intensität des Inductionsstromes, die abgeschwächten Reizbarkeiten des Markes, der Nerven und Muskeln der Gefässe. Da für die hinreichende Stärke des reizenden Eingriffes während der Curarevergiftung kein anderes Zeichen zu Gebote steht als die Wirkung auf die Gefässe, so muss von vornherein bei geringem Abstand der Rollen des Inductoriums, vielleicht übermaximal, gereizt werden, wodurch die Erregbarkeit des Muskels bekanntlich sehr leidet. Daraus wird es erklärlich, dass

sich öfter die Reizung nicht mit einem der ersten entsprechenden Erfolge wiederholen liess. Wahrscheinlich noch bedeutungsvoller für das Absinken der Reizbarkeit ist der fehlende Wechsel des Blutes in den Capillaren der centralen und peripheren Gebiete des irritablen Apparates. Im Hinblick auf diese Umstände gewinnt ein ausgesprochener Erfolg der angestellten Versuche eine erhöhte Bedeutung. Bei allen Thieren trat er während der ersten kräftigen Reizung ein und in einigen auch nach mehrfacher Wiederholung.

Auf welche Weise wirkt nun die Erregung des Rückenmarkes? an Dreierlei könnte man, soweit ich sehe, denken, an eine gesteigerte Leistungsfähigkeit des Herzens, an eine Verminderung des Widerstandes in dem Gebiete des Lungenkreislaufes oder an einen durch Verengung des Lichtraumes der Körpergefässe bedingten Auftrieb ihres Inhaltes.

Spielt das Blut eine Rolle, welches während der Reizung des Markes durch die Contraction der Körpergefässe zum Herzen hingeführt wird, so muss das Ansteigen der Stromstärke ausbleiben, wenn dem Blute der Zutritt zum Brustraum verwehrt wird. Ob und in welchem Grade dieses möglich, und von welchen Folgen die Abhaltung des Blutes begleitet sei, wurde dadurch zu erfahren gesucht, dass über die obere freie Mündung eines abgestutzten feinen biegsamen Katheters ein dünnwandiger Kautschukbeutel gebunden und dieser von einer V. cruralis aus bis über die Einmündung der Vena hepatica in die Cava inferior eingeschoben wurde. Von der in's Freie ragenden Mündung des Katheters aus konnte der Kautschukbeutel soweit mit halbprocentiger NaCl-lösung gefüllt werden, bis er voraussichtlich die Lichtung der Vene verstopfte. Dass die Blase an der richtigen Stelle liegt, wird durch die Länge des eingeschobenen Katheterstückes verbürgt, welche dem vorher gemessenen Abstand der Cruralvene von der Herznähe entsprechen muss; dass ihre Wand dicht hielt, wird bewiesen durch den Wiedergewinn ihres Inhaltes, wenn der vorher angelegte Verschluss der freien Oeffnung des Katheters weggeräumt wird. Ob aber die Füllung der Blase zum vollkommenen Verschluss der Vene ausreichend war, kann niemals mit voller Sicherheit behauptet werden. Zur weiteren Kritik des Verfahrens ist zu bemerken, dass sich zwar die V. cava inferior vollkommen zusperren, aber darum nicht alles Blut vom Herzen abhalten lässt, welches aus den verengten Körpergefässen ausgedrückt wird. Offen bleibt die V. azygos und mehr als ein Zweig der V. cava superior, sodass aus der untern und obern Körperhälfte Blut zugeführt werden kann.

Glaubt man die Kautschukblase zum richtigen Ort geführt zu haben, so wird die Stromstärke in der Aorta gemessen, zuerst vor und nach der Einführung von NaCl-lösung in den Venenbeutel, dann während derselbe

gefüllt bleibt unter Reizung des Markes, und endlich unter Fortsetzung der letztern, nachdem man den Inhalt des Beutels entleert hat. Nur dann wenn nach der angegebenen Ordnung verfahren wird, lässt sich erkennen, ob ein durch die Reizung des Markes zum Herzen beförderter Zufluss die Ursache der erhöhten Stromstärke abgiebt. Aber indem man vorschriftsgemäss verfährt, wird die Reizbarkeit des Markes und des Gefässapparates dadurch beeinträchtigt, dass der Erregung bei offener, schon eine längere bei geschlossener V. cava vorausgehen muss. Wenn ein so schwieriger, das Zusammentreffen vieler günstigen Bedingungen erfordernder Versuch ein ausgesprochenes Ergebniss liefert, so wird das Resultat von besonderer Bedeutung sein.

Ein jedes der vier Thiere, bei welchen das Verfahren angewendet wurde, brachte ein positives Ergebniss. Ausser dem schon auf S. 30, Vers. vom 18. Juli, mitgetheilten, mit weniger ausgesprochenem Resultat, liegen noch die folgenden Erfahrungen vor. S. auch die Taf. IV u. V.

Bemerkungen	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
1. Juli. Körpergewicht 19·5 Kilo.		
Ruhendes Mark. Vena cava inf. geschlossen Mittel aus 8 Röhren	106·2	10
Reizung des Markes. V. cava inf. verschlossen	13·3	12
	13·3	12
	14·0	12
	12·9	13
	12·7	11
	11·2	13
Reizungszeit bei geschloss. V. cava und mittlere Stromstärke	77·4	12
Reizung des Markes V. cava inf. offen	6·6	25
	6·2	27
	5·2	29
	5·2	31
	5·4	29
Reizungszeit bei offener V. cava und mittleren Stromstärke . . .	28·6	29

Bemerkungen	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
23. Juli. Körpergewicht 25 Kilo.		
Ruhendes Mark, Vena cava infer offen, Mittel aus 6 Röhren	29·4	25
Reizung des Marks V; cava inf. verschlossen	4·3	24
	5·4	24
	4·8	25
	2·4	20
	3·4	26
	3·4	25
	3·0	24
	31	23
	31	24
Reizungszeit b. verschl. V. cava infer. Mittl. Stromstärke . . .	32·9	24
Reizung des Marks V. cava offen	3·3	41
	3·6	41
Reizungszeit b. off. V. cava infer. Mittlere Stromstärke . . .	6·9	41

5. Juli. Körpergewicht 26 Kilo.

Bemerkungen	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
Ruhendes Mark. V. cava infer. offen. Mittel aus 4 Röhren	24·6	28
Reizung des Markes. V. cava inf. verschlossen	5·8 5·0 4·7 5·0 3·7	30 32 32 30 30
Reizungszeit b. verschl. V. cava inf. und mittlerer Stromstärke	24·2	31
Reizung des Markes. V. cava inf. offen	3·0 3·3 3·4 3·5 3·0 2·8	36 49 50 50 57 60
Reizungszeit bei offener Vena cava u. mittl. Stromstärke . . .	19·0	50

Bemerkungen	Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.
Ruhendes Mark. Vena cava inf. geschlossen. Mittel aus 7 Röhren	48·5	24
Reizung des Markes. V. cava infer. verschlossen	7·3 6·3 5·1 4·5	24 27 24 27
Reizungszeit bei verschlossener V. cava u. mittl. Stromstärke	23·1	25
Reizung des Markes. V. cava inf. offen	4·0 3·8 3·2 3·3 2·6 2·3	37 45 45 46 45 54
Reizungszeit bei offen. V. cava inf. Mittl. Stromstärke . . .	19·2	45

Weil aus der Füllung und Entleerung der Kautschukblase nichts anderes als die Verstopfung und Wiedereröffnung der Venenlichtung entspringen kann, so ist durch die Versuche erwiesen, dass die während der Reizung des Halsmarkes sichtbare Verstärkung des Aortenstromes wesentlich auf der Blutmenge ruht, die aus den Körpergefässen in das Herz übergetrieben wird; denn die Reizung des Markes steigerte die Stromstärke nur so lange, als die Vena cava wegsam war.

Aus welchem Abschnitte der Gefässröhren, — Arterien, Capillaren, Venen, — das Blut herkommt und welches Gebiet, ob die Gliedmaassen oder die Eingeweide den grösseren Antheil liefern, werden zukünftige Untersuchungen zu ermitteln haben. Da sich bekanntlich während der Tetanisirung des Halsmarkes die kleinen Arterien der Haut, der Harn- und Verdauungswege verengen, so dürften sie insgesammt Blut liefern, am meisten jedoch die Baucheingeweide. So schien es mir wenigstens nach dem Ergebniss einiger Versuche, in welchen der Katheter nicht bis zur Mündung der V. hepatica hinaufgedrungen war. Lag der Beutel neben den Nierenvenen, so war seine Aufblähung für das Anschwellen der Stromstärke kein Hinderniss. Doch sind nach dieser Seite hin meine Beobachtungen noch nicht spruchreif.

Liegt das Mittelglied zwischen der Erregung des Markes und der Verstärkung des Aortenstromes in der Blutmasse, welche aus den unterhalb

des Zwerchfelles befindlichen Gefässen des Körpers in die der Brusthöhle befördert wird, so muss auch noch auf andere Art als durch Verstopfung der V. cava inferior die Tetanisirung des Halsmarkes unwirksam zu machen sein. Gesetzt, es seien durch irgend welches Mittel schon vor der Reizung auf Kosten der Gefässe des Unterkörpers die der Brust gefüllt, so muss eine nun hervorgerufene Erregung erfolglos bleiben. Auf zweifache Weise suchte ich die Bestätigung für die ausgesprochene Folgerung.

Sehr häufig verharrt die Stromstärke Minuten hindurch annähernd auf der Höhe, zu welcher sie durch eine vorher angewendete Reizung des Markes gehoben wurde, vermuthlich weil das in den Lungenkreislauf gebrachte Blut seinen Rückweg durch die V. cava infer. nur unvollkommen findet. Eine neue Reizung, die zur Zeit der noch hochgesteigerten Stromstärke eintrifft, bringt der letzteren nur einen geringen Zuwachs. Wie selbstverständlich, weil die Reizung jetzt die Gefässe leer findet, die sie bei der ersten Reizung gefüllt antraf. Zur weiteren Prüfung der Richtigkeit der Unterstellung wird unmittelbar nach unwirksam gewesener Reizung der Stopfbeutel der Aorta entleert und alsbald wieder gefüllt, wonach der Strom in dem Lungenkreislauf auf die Stärke vor der ersten wirksamen Reizung zurückkommt. Wird die letztere jetzt wiederholt, so steigt der Strom wieder zu der Stärke empor, die er vor der ersten Reizung besass. Hierfür dienen folgende Beispiele; die Zahlen geben Mittelwerthe.

	Vor der ersten Reizung	während der ersten Reizung	nach der ersten Reizung	während der zweiten Reizung
26. Juni	12·7 ccm	23·0 ccm	21·0 ccm	23·1 ccm
1. Juli	9·9 „	31·8 „	31·0 „	32·0 „
3. Juli anfangs	26·0 „	50·0 „	44·0 „	46·2 „
3. Juli später	15·0 „	56·0 „	48·0 „	54·6 „
23. Juli	16·4 „	29·2 „	25·8 „	25·7 „

Als ein zweites Mittel für die Füllung des wegsamen Brustkreislaufes kann das Zusammenpressen der Bauchwand, verbunden mit wechselndem Strecken und Zusammenlegen der Beine angesehen werden, Handgriffe, welche ich als Pumpen bezeichnen will. Gelingt es, in die Brust einen merklichen Antheil von Blut aus dem Unterkörper zu pumpen, wofür das Anwachsen der Stromstärke in der Aorta als Kennzeichen dient, so muss die darauf folgende Reizung des Halsmarkes der Beschleunigung des Blutstromes nur einen geringen Zuwachs bringen. Leider führt das Pumpen nicht immer zum gewünschten Ziel, wahrscheinlich versagt es dann, wenn durch die geübten Handgriffe nicht sämmtliche Körpergefässe gleichzeitig zusammengedrückt werden, sodass das Blut statt in die Brusthöhle zu entweichen, sich in den ausserhalb derselben gelegenen Bahnen hin und her

bewegt. Obwohl nicht immer, so ist doch einigemale gelungen, durch das Pumpen einen Zustand dem ähnlich herbeizuführen, wie ihn die Reizung des Rückenmarkes bewirkt.

26. Juni.

1. Bei ruhendem Rückenmark betrug der arterielle Ausfluss	17·5 ccm
Durch Reizung des Rückenmarkes wurde der arterielle Ausfluss emporgetrieben auf	23·0 „
Nach derselben ging der arterielle Ausfluss zurück auf .	19·5 „
Durch Pumpen wurde er beschleunigt auf	21·4 „
Und während der folgenden Reizung des Rückenmarkes hielt er sich auf	20·0 „
2. Eine verstärkte Reizung brachte später den arteriellen Ausfluss auf	43·0 „
Und starkes und anhaltendes Pumpen erhob den arteriellen Ausfluss auf	42·3 „
Eine hinzutretende Reizung des Markes bewirkte einen Ausfluss von	44·0 „

1. Juli.

Durch wiederholte Reizung des Rückenmarkes ging der arterielle Ausfluss steigend von 9·9 ccm empor auf .	32·0 „
Als der Ausfluss zu sinken begann, brachte ihn das Pumpen empor auf	31·0 „
Eine hinzutretende Reizung des Rückenmarkes bewirkte einen Ausfluss von	32·2 „

18. Juli.

Durch Reizung des Markes kam der arterielle Ausfluss von 10 ccm empor auf	18·3 „
Den später auf 12·2 gesunkenen Ausfluss beschleunigte das Pumpen auf	19·0 „
Während einer hinzutretenden Reizung des Rückenmarkes hielt sich der arterielle Ausfluss auf	19·0 „

Aus dem vorstehenden Abschnitte meiner Untersuchung geht hervor, dass die Reizung des Halsmarkes dem Lungenkreislauf und dem Herzen eine grössere Blutmenge zuführt und da hiernach die Stromstärke in der Aortenwurzel mächtiger werden muss, so sind wir der Mühe überhoben, andern früher als möglich bezeichneten Ursachen der Stromverstärkung nachzuspüren. Ob neben der gefundenen Quelle auch das Herz einen Antheil an dem Wachsthum der Stromstärke nimmt und nehmen muss, bespreche ich später.

Lassen sich nun auch für den unversehrten Kreislauf die an dem Reste

desselben gefundenen Thatsachen als giltig ansehen? Quantitativ allerdings schwerlich. Kreist das Blut in den Zweigen der Aorta, so wird aus den reizbareren und gefüllteren Arterien mehr Blut als bei meinen Versuchsobjecten gegen die Brust herandringen, zugleich aber wird in der Aorta der Widerstand bis zu einem Grade wachsen können, welcher dem Herzen seine vollkommene Entleerung unmöglich macht. Für das letztere stehen die Beobachtungen von Waller[1] ein. Darnach sind die Bedingungen, unter welchen das Blut im unverletzten Kreislauf strömt, wesentlich andere, als in meinen Versuchen, und desshalb ist es unstatthaft zu behaupten, dass dort die Stromstärke in gleichem Maasse wie hier wachse. An einer qualitativen Uebereinstimmung dürfte dagegen kaum zu zweifeln sein. Denn es gelangt, wie allbekannt, während der Markreizung der Inhalt der Aortenäste unter einen hohen Druck und es werden, wie u. A. Hafiz[2] zeigte, die kleinen Arterien weitaus nicht alle durch die Reizung des Rückenmarkes geschlossen, und es that Nicolaides[3] mit Hülfe der Stromuhr dar, dass sich während der Tetanisirung des N. ischiadicus, der anfangs verminderte Strom durch die A. cruralis rasch wieder und zwar über das gewöhnliche Maass emporhebt. So muss denn unzweifelhaft das reichlicher zum Herzen getriebene Blut auch rascher aus der Aorta abfliessen.

B. Die Stromstärke in der Aorta während schmerzhafter Reizung sensibler Nerven.

a. Vor Durchschneidung der Nn. vagi.

Da wir durch die Beobachtungen Lovén's, Cyon's u. A. wissen, dass sich in Folge eines schmerzhaften Angriffes auf die centralen Stümpfe sensibler Nerven die Körperarterien nur zum Theil verengen, indess andere sich erweitern, und da uns die schönen Versuche von Heidenhain gezeigt haben, dass unter denselben Umständen sich die Stromstärke in mehrfachen, zur Aortenbahn gehörigen Abschnitten, steigert, so war auch aus bekannten hydraulischen Gründen ein Wachsthum des Stromes in der Aorta zu erwarten, wenn der centrale Stumpf des N. cruralis in den Kreis des Schlitteninductors aufgenommen wurde.[4] Der Erfolg war ein der Erwartung entsprechender. In der folgenden Tabelle sind, um die Zahlenangaben zu kürzen und die Uebersicht zu erleichtern, nur die Mittelwerthe der Stromstärke während der Reizung denjenigen gegenüber gestellt, welche vor der letzteren bestanden. — Die Reizungen sind in der hier innegehaltenen Reihenfolge ausgeführt; zwischen je zweien verstrichen grössere Zeiten, als

---

[1] *Dies Archiv.* 1878. S. 525.

[2] *Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.* 1870.

[3] *Dies Archiv.* 1882. S. 164.

[4] Slavjansky, *Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.* 1873.

sie scheinbar durch die in der Tabelle eingeschalteten angegeben werden. Unter der Ueberschrift Zeit sind die Werthe derselben aufgeführt, aus welchen die hinter ihnen stehenden Mittel genommen sind. — Um zu zeigen, dass sich trotz der Unversehrtheit der Nn. vagi die Häufigkeit der Pulse während der Reizung des N. cruralis nicht geändert habe, ist die Schlagdauer in die Tabelle aufgenommen.

Zeit	Mittlere Schlagdauer in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.	Reizung des N. cruralis
	23. Mai. Curare.		
82·5	0·36	40	ohne Reizung
41·2	0·30	46	während "
41·5	0·33	41	ohne "
11·1	0·25	43	während "
19·8	0·30	43	ohne "
29·5	0·30	44	während "
35·7	0·30	41	ohne "
21·8	0·30	50	während "
	30. Mai. Curare.		
22·2	0·35	29	ohne Reizung
19·9	0·32	46	während "
55·6	0·36	36	ohne "
11·8	0·32	40	während "
28·5	0·32	39	ohne "
24·4	0·33	38	während "

Die Stromstärke zeigt sich also merklich während der Reizung des N. cruralis, wenn auch nicht in dem Grade, erhöht, wie während der Tetanisirung des Halsmarkes. Eine Erscheinung, welche bei der letzteren zu Tage trat, findet sich auch jetzt wieder ein; die durch die Erregung des sensiblen Nerven emporgehobene Stromstärke kehrt in der folgenden Ruheperiode nicht wieder auf den Stand vor der Reizung. Besonders deutlich zeigt sich die dauernde Steigerung im Versuche vom 30. Mai.

b. Nach Durchschneidung der N. vagi am Halse.

Weil daran gedacht werden musste, dass sich, so lange der N. vagus erhalten blieb, die Reflexe auch auf diesen erstrecken und hierdurch die Stromstärke beeinflusst werden könnte, im Verlaufe des Versuches selbst hierüber jedoch nichts Sicheres zu erfahren war, so wurden nach Ausführung der eben angeführten Reizungen die beiden Nn. vagi durchschnitten und dann die sensiblen Angriffe wiederholt. Bei der Ausarbeitung der Ergebnisse stellte sich etwas Unerwartetes heraus; die Stromstärke war, wie die nachstehenden Mittelwerthe zeigen, während der Reizung nicht gestiegen, sie war gesunken.

Zeit	Schlagdauer in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.	Reizung des N. cruralis
		23. Mai.	
6·9	0·23	50	ohne Reizung
17·0	0·26	39	während „
58·3	0·30	41	ohne „
21·0	0·30	39	während „
18·1	0·30	40	ohne „
47·9	0·30	36	während verstärkter Reizung
27·9	0·27	39	ohne „
49·6	0·28	34	während „
24·0	0·28	40	ohne „
33·7	0·24	36	während „
45·5	0·26	37	ohne „
31·1	0·30	34	während „
28·6	0·30	36	ohne „
64·4	0·29	33	während „
		30. Mai.	
12·3	0·33	40	ohne Reizung
25·8	0·26	38	während „
41·9	0·28	38	ohne „
24·1	0·32	36	während „
69·6	0·33	38	ohne „
34·1	0·33	34	während „

Unter den Erwägungen, dass die Reizbarkeit sensibler Nerven häufig nur wenig dauerhaft ist und dass denjenigen, von welchen soeben die Rede war, schon mehrfache andere Reizungen vorausgingen, würde eine vollkommene Wirkungslosigkeit der späteren Angriffe keine Beachtung verdient haben. Anders, da die Folgen der Tetanisirung des N. cruralis in das Gegentheil der früheren umschlugen. Freilich ist die Herabsetzung, welche die Stromstärke erfährt, eine geringe, noch in das Bereich der normalen Schwankungen fallende, dafür aber stellt sie sich äusserst regelmässig ein. — In Verbindung mit der auf S. 26 erwähnten Erfahrung, dass eine Reizung des N. vagus, welche die Schlagfolge nicht verlangsamt, die Stromstärke häufig steigert, gewinnt die hier entgegentretende Erscheinung noch weiter an Bedeutung. Zwei Versuche genügen gewiss nicht, um daraus eine Regel, geschweige denn ein Gesetz abzuleiten, wohl aber reichen sie zur Begründung der Forderung aus, dem Sachverhalt nachzuspüren. Der im Aussicht genommene Plan, die Nn. vagi durch die Eisthermoden von Gad vorübergehend zu lähmen und die Reizungen des N. cruralis abwechselnd während der bestehenden und aufgehobenen Leistungsfähigkeit der Nn. vagi zu vollführen, ist aus Mangel an Zeit leider nicht zur Ausführung gelangt.

Die Stromstärke in der Aorta abhängig von dem dyspnoischen Zustande des Blutes.

Durch die Unterbrechung der künstlichen Athmung kann an meinem Praeparate die Zusammensetzung der Blutgase nur innerhalb der Gefässe des Herzens und der Lungen eine Veränderung erfahren, denn das in den Blutgefässen entstandene Erstickungsblut findet keinen Weg zu den Zweigen der Aorta und stünde ihm auch ein solcher offen, es würde an dem dort vorhandenen Blute nichts zu ändern vermögen, weil sein O-Gehalt in Folge des schon seit vielen Minuten stockenden Stromes längst verzehrt sein muss. Angesichts dieser nahe liegenden Betrachtung konnte man zu erfahren hoffen, wie sich die Lungengefässe dem dyspnoischen Blute gegenüber verhielten, ob sich, wie Mosso[1] an der ausgeschnittenen Niere fand, die Lichtung derselben vermindert, oder ob sich, wie Heidenhain[2] durch Versuche am Aortenbaum unversehrter Thiere erfuhr, die Stromstärke steigert.

Dem mit Curare vergifteten Thiere wurde, nachdem an ihm die Stromstärke längere Zeit gemessen war, die künstliche Athmung solange gewährt, bis das aus der Arterie hervorgetriebene Blut die venöse oder die Farbe des Erstickungsblutes zeigte; während dessen wurde die Stromstärke ununterbrochen bestimmt. Da das Herz zu dieser Zeit noch kräftig schlägt, so kann durch die Wiederkehr der Athmung der arterielle Zustand des Blutes zurückgebracht werden. In zweien nach einander an demselben Thiere angestellten Erstickungen ergaben sich die folgenden Zahlen. (S. die nebenstehende Tabelle.)

Mit der steigenden Annäherung des Blutes an den dyspnoischen Zustand wächst die Stromstärke unter Schwankungen empor und erreicht, nachdem die Farbe des Erstickungsblutes hergestellt ist, dauernd einen höheren Werth.

Wenn der Strom unter den hier vorhandenen Bedingungen mächtiger wird, so dürfte sich dafür kaum eine andere Erklärung als die finden, dass der Widerstand in den Gefässen der Lunge herabgesetzt worden ist. Ob die veränderte Nachgiebigkeit der Gefässwand, welche voraussichtlich die Ursache des verminderten Widerstandes abgiebt, durch eine örtliche Wirkung des Blutes oder ob sie auf einem Umwege durch die Nerven zu Stande kommt, lässt sich nicht entscheiden. Wahrscheinlich ist das erstere der Fall, weil die Nn. vagi durchschnitten waren und weil das des Blutwechsels entbehrende Rückenmark eine bedeutende Einbusse an seiner Reizbarkeit erlitten haben muss.

---

[1] *Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.* 1874.

[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. III u. V.

12. Juni. Erstickung I.

Füllungszeit der Aichröhren in Ccm.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.	
48·4	42	Vor dem Abschluss der künstlichen Athmung
Die künstlich Athmung eingestellt		
3·3	52	
3·8	43	
3·1	46	
4·0	42	
3·5	48	
3·6	43	
3·4	49	
3·9	42	
3·5	46	
3·1	42	
2·5	47	
3·6	42	
3·1	44	
4·0	42	
3·7	43	
4·1	40	
Sa. 56	44	Mittel
3·8	45	Das Blut wird dunkel
3·7	46	
3·8	45	
3·3	47	
2·9	56	
2·6	54	
2·9	50	
3·1	50	
2·9	60	
Sa. 29·0	Mittel 50·0	
82·1	53	Die künstliche Athmung hergestellt. Von da ab die frühere kleinere Stromstärke.

12. Juni. Erstickung II.

Füllungszeit der Aichröhren in Sec.	Stromstärke in der Aorta in Ccm.	
74·8	Mittel 43	Vor dem Abschluss der künstlichen Athmung
38·5	41	Künstliche Athmung eingestellt
50·2	41	
36·6	44·3	
3·5	34	Das Blut ist venös
3·1	47	
3·1	43	
3·1	47	
3·8	44	
3·0	40	
1·6	61	
3·1	43	
3·6	45	
2·9	44	
2·2	49	
3·1	55	
2·9	43	
2·6	48	
2·0	46	
2·0	55	
2·6	57	
2·1	52	
Sa. 50·3	Mittel 47	
		Das Blut ist dunkel
1·7	54	
2·0	44	
2·1	61	
2·7	63	
1·9	45	
2·3	46	
1·3	45	
3·1	55	
2·3	62	
2·0	45	
1·4	75	
2·7	58	
2·1	54	
2·2	44	
2·4	71	
2·8	59	
2·3	54	
3·2	41	
2·5	44	
2·6	40	
3·1	55	
3·1	55	
Sa. 51·8	Mittel 53	

Mit der Einstellung der künstlichen Athmung lässt sich noch die Reizung des N. vagus oder die des Halsmarkes verbinden; beides wurde wiederholt ausgeführt, dabei jedoch kein neues über das zu erwartende, hinausgehendes Ergebniss gefunden. Gelang es mittels der Erregung des N. vagus, die Diastolen bedeutend zu verlängern, so wurde die grössere Geschwindigkeit des Erstickungsblutes in eine geringere verwandelt und umgekehrt wurde sie noch weiter gesteigert, wenn die Inductionsströme auf ein noch reizbares Halsmark trafen.

Die Freunde teleologischer Anschauungen werden das Ergebniss, zu welchem der Erstickungsversuch führte, für selbstverständlich halten, nachdem es bewiesen ist, dass unter dem Einfluss der Reizung des verlängerten Markes, — welche ja auch durch das dyspnoetische Blut erzeugt wird — sich die Stromstärke in der Aorta steigert. Aus bekannten Gründen muss ein gleiches in der A. pulmonalis folgen, wenn der Kreislauf nicht stocken soll. Ungewiss aber musste es bis zu meinen Versuchen bleiben, wie die Steigerung des Lungenstromes entstand; sie konnte früher mit gleichem Rechte wie auf eine Verminderung des Widerstandes auch allein auf erhöhte Leistungen des rechten Ventrikels bezogen werden, im Gefolge des vermehrten Zuflusses durch die Hohlnerven.

C. Stromstärke bei allgemein herabgesetztem Tonus der Gefässwand.

Ueber den Einfluss, welchen die verminderte Widerstandsfähigkeit der Gefässwand auf die Stromstärke übt, besitze ich keine methodisch durchgeführte Versuche, wohl aber einige Erfahrungen, welche zu weiteren Untersuchungen auffordern.

a) Pepton. Bekannt mit den Störungen, welche durch die frühzeitige Gerinnung des Blutes in die Bestimmung der Stromstärke mittels der Stromuhr eingeführt werden, wurde in den ersten meiner Versuche die Einspritzung von 0.3 ^{grm} Pepton auf ein Kilo Körperwicht vorgenommen. Nach der Anwendung desselben sinkt, wie bekannt, der arterielle Druck bis zu der Grenze herab, bei welcher gerade noch das Leben erhalten wird. Dem Druck entsprechend erwies sich die Stromstärke von einer Geringfügigkeit, wie sie sonst niemals mehr zur Beobachtung kam. Zu einer sicheren, quantitativen Ermittelung der Abhängigkeit zwischen Pepton und Stromstärke, würden Versuche an demselben Thiere, bevor und nachdem es peptonisirt worden war, nöthig gewesen sein. Von solchen kann ich nicht berichten. Die Annahme, dass der genannte Stoff in der gleichen Richtung auf den Blutdruck und auf die Stromgeschwindigkeit wirke, kann ich darum nur auf die Vergleichung der letzteren mit dem Körper-

gewicht gründen. — Bei einem ruhig daliegenden Thiere von 12·5 Kilo Körpergewicht, betrug die Stromstärke niemals mehr als 2^{ccm}, meist aber nur ein Weniges über 1^{ccm}, und als das Thier erstickt wurde, hob sie sich nur auf die 4^{ccm}. — Im Gegensatz hierzu bewegte sich, wenn statt des Pepton Curare zur Anwendung kam, bei einem Thiere von 5.5 Kilo die Stromstärke von 4 zu 8^{ccm} und bei zwei andereu von 12 und 13 Kilo zwischen 27 und 60^{ccm}. Unter diesen Umständen lässt sich trotz der Unsicherheit der Grundlage, auf welchen die Vergleichung ruht, die Vorstellung kaum abweisen, dass durch das Pepton die Stromstärke bedeutend herabgedrückt sei.

b) Schnitt hinter den Vierhügeln. In einer Reihe von Versuchen wurde wie früher erwähnt, die Beruhigung des Thieres durch einen Schnitt herbeigeführt, der hinter den Vierhügeln lag. Nach dieser Operation wurde wiederholt eine im Verhältniss zum Körpergewicht des Thieres nur geringe Stromstärke gefunden. Ein hierhergehöriger Fall — 13. Mai — findet sich auf S. 21 und 23 beschrieben. Aus den mir vorliegenden Beobachtungen bin ich jedoch um so weniger geneigt, eine Folgerung zu ziehen, als in der reichlichen Hälfte der nach dem Hirnschnitt untersuchten Thiere die Stromstärke sich keineswegs als ungewöhnlich niedrig erwies. Dagegen schien es mir nicht gestattet, eine Erscheinung zu verschweigen, welche möglicher Weise zur Auffindung einer neuen Eigenschaft des verlängerten Markes führt.

Die Abhängigkeit der Stromstärke von der künstlichen Aenderung der Blutmenge.

Mit dem Blutvolum, welches von den Aichröhren zurückgehalten war, und mit dem durch das Auspumpen aus dem Körper in den Lungenkreislauf befördertem Inhalt änderte sich die Stromstärke. So musste denn die Frage sich aufwerfen, ob der Gefässrest, welcher in meinem Praeparate noch dem Herzen zugänglich war, sich im Wesentlichen wie ein elastisches Röhrenwerk verhalte, in welchem mit der steigenden Füllung die Stromstärke rasch anwachse, weil mit ihr beides, der Querschnitt und der Spannungsunterschied zunimmt. Hierüber sollte mir die Transfusion Aufschluss verschaffen. Zu ihr durfte aus bekannten Gründen kein defibrinirtes, es musste vielmehr lebendiges Blut verwendet werden, und deshalb nahm der Versuch die folgende Gestalt an.

Nachdem ein Hund, den wir den „Gast“ nennen wollen, alle Vorbereitungen empfangen hatte, wie sie zur Bestimmung der Stromstärke gehören, und ausserdem in die andere Ven. jugularis und in eine der

Carotiden Canülen eingebunden waren, wurde ein zweiter Hund, den ich als „Wirth“ bezeichne, an ein Brett befestigt. Alsdann wurde der Wirth, nachdem in je eine seiner Carotiden und Jugularen Canülen eingebunden waren, auf eine der beiden Schalen einer Tafelwage gelegt und auf die andere Schale, die zur Herstellung des Gleichgewichts nöthige Tara gebracht. Durch längere biegsame Kautschukschläuche wurden dann die Gefässe des Wirthes und des Gastes kreuzweise mit einer verbunden, sodass die Carotide des einen in die Jugulare des anderen mündete. Erlaubte die Vollendung der Vorbereitungen den Beginn des Versuches, so wurden zunächst einige Bestimmungen der Stromstärke vor dem Austausch des Blutes ausgeführt. Dann aber wurde, wenn der Gast vom Wirthe Blut empfangen hatte, die Wagschale, auf welcher der letztere lag, erst von Neuem aequilibrirt, und soviel Gramm von der Schale weggenommen, als ihm Blut entzogen werden sollte. Sogleich wurden die Klemmen an der Carotide des Wirthes und an der Jugulare des Gastes geöffnet und das Blut so lange vom Orte höheren zu dem des niederen Druckes im Fluss erhalten, bis sich das Gewicht des Wirthes wieder mit dem der anderen Schale ausgeglichen hatte. Sollte dagegen umgekehrt der Wirth vom Gaste Blut empfangen, so wurde vor Herstellung der Wegsamkeit zwischen der Carotide des erstern und der Jugularis des letzteren auf die Gewichtsschale so viel Gramme gelegt, als der Gast an Blut verlieren, also der Wirth gewinnen sollte, und der überführende Strom in dem Augenblick unterbrochen, in welchem die Zunge der Wage einspielte. Da sich in der kurzen Zeit, welche die Ueberleitung des Blutes beansprucht, das Eigengewicht des Wirthes nicht wesentlich ändert, so kann ziemlich genau das Gewicht des zu und abgeführten Blutes bemessen werden. Ob aber das in den Gast eingeführte Blut dem Brustkreislauf verbleibt, ob nicht ein Theil desselben durch die Hohlvene zum Unterleib fliesst, bleibt unbekannt. Eine höhere Wahrscheinlichkeit dafür, dass das zugeführte Blut in dem wegsamen Kreislaufrest zurückbehalten werde, schien mir dann vorhanden, wenn in die V. cava inferior ein Stopfbeutel gebracht war; deshalb habe ich einen solchen in das zweite der Thiere, von welchen jetzt die Rede sein wird, eingebracht.

So zufriedenstellend, wie ich gehofft, war das Ergebniss der Versuche nicht; einer ausführlichen Darstellung ist es dagegen werth. Zur Erläuterung der letzteren diene Folgendes. Unter dem Datum des Versuches steht die Stromstärke verzeichnet, welche vor dem Beginn der Transfusion im Mittel aus der angegebenen Zeit vorgefunden wurde. Dann folgt in der ersten Spalte die Zeit. Sie zählt vom Ende der ersten Ueberführung des Blutes in den Gast an. In dem zweiten Stabe ist angegeben, wie viel Blut in der voranstehenden Zeit zu- oder abgeführt wurde, in der dritten Spalte die danach vorhandene mittlere Stromstärke, in dem vierten die

Aenderung, welche die ursprüngliche Blutmenge des Gastes jeweilig erfahren hatte.

28. Juli. Körpergewicht 23 Kilo.

Vor Beginn der Transfusion betrug während 93 Secunden im Mittel die Stromstärke 48 ccm.

Zeit vom Ende der ersten Transfusion in Sec.	Aenderung der Blutmenge.	Stromstärke in Ccm.	Summe d. Blutes die ursprüngliche Menge = U.
0	100 grm zugeführt		U + 100
35	—	58	
104		allmählich auf 41	
140	215 „ entzogen		U — 115
173		34	
210	100 „ entzogen		U — 215
297		18	
338	235 „ zugeführt		U + 20
392		35	
400	100 „ entzogen		U — 80
451		19	
579	120 „ zugeführt		U + 40
636		38	
847		28	
915	120 „ entzogen		U — 80
980		steigend von 14 auf 24	
1019	160 „ zugeführt		U + 80
1066		41	
1079		38	

31. Juli. Körpergewicht 25·5 Kilo.

Vor Beginn der Transfusion und nach Verschluss der V. cava inferior betrug während 34·2 Sec. die Stromstärke 15 ccm.

Zeit vom Ende der ersten Transfusion in Sec.	Aenderung der Blutmenge.	Stromstärke. in Ccm.	Summe des Blutes der ursprüngliche = U.	Bemerkungen.
0	40 grm zugeführt		U + 40	
129·8		12		
156·9	60 „ zugeführt		U + 100	
214·5		18		
228·6	100 „ zugeführt		U + 200	
318·5		22		Vena cav. infer. verschlossen
332·1	100 „ weggenommen		U + 100	
393·2		15		
—	50 „ weggenommen		U + 50	
613·1		11		
670·6	280 „ zugeführt	zwischen 20 u. 29schwankend	U + 230	
731·8		20		
935·1		19		V. cava inf. geöffn.
975·7	90 „ weggenommen		U + 140	

Zeit vom Ende der ersten Transfusionen in Sec.	Aenderung der Blutmenge.	Stromstärke in Ccm.	Summe des Blutes der ursprüngliche = U.	Bemerkungen.
1092·9		15		
1235·0	290 grm eingeführt		U + 430	
1255·1		17		
1337·0		auf 22 steigend		Schwacher Vagusreiz
1394·7		18		
1459·1		17		Schwacher Vagusreiz
1494·0		19		

Wie erwartet, steigt die Stromstärke mit dem Zuwachs an Blut und sie sinkt mit dessen Entziehung, namentlich im Beginn des Versuches, aber auch dann hält sich die der Vermehrung des Gefässinhaltes nachfolgende Vergrösserung der Stromstärke nicht dauernd, sie kann sogar unter das vor der Transfusion vorhandene Maass herabgehen. Wesentlich anders wirkt die Wiederholung der Zuführung mit darauf folgender Entziehung des Blutes. Die durch den ersten Aderlass herabgeminderte Stromstärke kann nicht wieder auf die Höhe vor oder nach der ersten Transfusion emporgebracht werden trotz der Zuführung verhältnissmässig bedeutender Blutvolumina.

Zum Theil mögen die Beobachtungen ihre Erklärung darin finden, dass die von aussen her in den Kreislauf der Brusthöhle gebrachten Blutmengen in die Gefässe des Rumpfes ablaufen, denn diese sind nicht wie während der Reizung des Halsmarkes zum Theil durch Muskelverkürzung verengt. Aber wenn ein solches Abfliessen auch stattfindet, so geschieht es doch schwerlich in einem Grade, welcher die Gefässe der Brusthöhle leerer als vor der Transfusion zurücklässt. Bleibt aber, was wir allerdings nur als höchst wahrscheinlich hinstellen, nach der Zuführung des Blutes von aussen dem Lungengebiet derselbe Blutgehalt wie vorher, und nimmt trotzdem die Stromstärke ab, so muss der Tonus der Gefässwand gelitten haben, und wir standen somit an den Lungengefässen vor derselben Erscheinung, welche von Worm Müller am Körperkreislauf beobachtet worden. Auch hier, so scheint es, kann die Steigerung der Blutmenge den Druck und die Stromstärke dauernd nur dann erhöhen, wenn gleichzeitig der Tonus der Gefässwand wächst.

II. Die mit einer Systole des linken Ventrikels ausgeworfene Blutmenge. Das Schlagvolum.

Zugleich mit der Blutmenge, welche in der Zeiteinheit aus der Aorta abfloss, war auch die Zahl der Herzschläge aufgeschrieben worden. Durch

Division der letzteren in die erstere Zahl ergab sich die von einer Systole der linken Kammer entleerte Blutmenge. Die berechneten Werthe geben allerdings nur das Mittel für die während der Füllung eines Aichrohres gezählten Pulse, doch kann dasselbe nicht wesentlich von dem des Einzelschlages verschieden sein, weil in der Regel schon nach 2 bis 5 Secunden, und häufig noch rascher das mit der Arterie verbundene Rohr gefüllt ist, und sich in einer so kurzen Zeit die Schlagdauer und häufig auch die Stromstärke gar nicht oder nur unbedeutend ändern. Keinenfalls kann der Fehler, welcher durch die Einsetzung der mittleren an die Stelle der Einzelwerthe begangen wird, die Klarlegung der Umstände beeinträchtigen, von welchen die Grösse des Schlagvolums abhängt.

Unter der Voraussetzung eines vollkommen leistungsfähigen Ventrikels kann das von einer Zusammenziehung desselben ausgeworfene Volum nur von den an seiner Füllung betheiligten Bedingungen und von den Widerständen abhängig sein, welche von Seiten der Aorta seiner Entleerung entgegentreten. Ueber die Bedeutung der letzteren gewähren meine Beobachtungen keinen Aufschluss, da der Druck, gegen welchen der Ventrikel arbeitete, sich immer in den Grenzen von 30 bis 40^{mm} Hg bewegte. Einem so geringen Druck entgegen wird der linke Ventrikel sich stets soweit als möglich entleeren können und darum wird die mit jeder Systole aus der Kammer ausgeworfene mit der während der vorausgegangenen Diastole eingedrungenen Menge übereinstimmen. Zur Aufklärung der Bedingungen, welche an der Speisung der Herzhöhlen betheiligt sind, kann ich somit einen wesentlichen Beitrag liefern.

An der Vergrösserung des Binnenraumes der Kammern sind, soweit wir gegenwärtig sehen, betheiligt: der elastische Zug der Lunge, die anfängliche Saugwirkung und später bei wachsender Ausdehnung der elastische Widerstand der Ventrikelwand, der Druck, unter welchem im Vorhof das aus den Venen anlangende Blut gebracht wird und endlich die Dauer der Diastole.

Insofern man beabsichtigt, die an meinem Praeparat gewonnenen Erfahrungen auf das unversehrte Thier zu übertragen, wird zunächst zu prüfen sein, ob sich der Füllungsgrad des Herzens ändert, wenn an die Stelle der natürlichen, die künstliche Athmung tritt. Von theoretischen Gesichtspunkten aus, kann darüber kein Zweifel bestehen, dass der Zug der Lunge auf die Herzwand, während der künstlichen Athmung, weniger als während der natürlichen leistet. In dem vergleichenden Versuch, welcher nach der Ausführung des Schnittes hinter den Vierhügeln leicht angestellt werden kann, findet jedoch die ausgesprochene Voraussicht insofern keine Bestätigung als beim Uebergang von der einen zur andern Athmungsart keine Aenderung in der Stromstärke der Aorta sichtbar wurde. Für die letztere

gilt also dasselbe, was wir seit längerer Zeit für den Druck in den Arterien wissen, welcher ebenfalls keine Herabsetzung erfährt, wenn den Thieren die Luft mit einer Kraft eingeblasen wird, die zur Erhaltung der arteriellen Eigenschaften des Blutes gerade ausreicht. In einer vorübergehenden Stauung mit darauf folgender Ansaugung des Venenblutes dürfte der Grund zu suchen sein, weshalb sich die Nachtheile der künstlichen Athmung nicht geltend machen. Zahlreiche Wiederholungen des vergleichenden Versuches haben mich in der Ueberzeugung befestigt, dass die bei einer mässig starken künstlichen Athmung gelieferten Schlagvolumina an Grösse, denen des normal respirirenden Thieres nicht nachstehen.

1. Ueber die Beziehungen zwischen Schlagvolum und der Zuflussgeschwindigkeit des Venenblutes zum Herzen.

Obwohl es an Mitteln zur genaueren Bestimmung der Geschwindigkeit gebricht, mit welcher das Blut in den Lungenvenen strömt, so können wir doch auf ein Wachsthum derselben aus der Stromstärke in der Aorta schliessen. Liefert der linke Ventrikel durch eine Reihe von Minuten hindurch grössere Blutmengen, als in der vorausgegangenen und nachfolgenden Zeit, so kann der Grund hierfür nur in dem stärkeren Zuströmen von den Venen her gefunden werden. Und wenn während der geringeren und grösseren Stromstärke in der Aorta die Pulsfolge gleich geblieben war, so musste sich das Schlagvolum entsprechend der Stromstärke geändert haben. In meinen Beobachtungen sind Vorkommnisse solcher Art sehr zahlreich vertreten, weil in der Regel durch die Mittel, welche die Stromstärke beeinflussten, keine Aenderung in der mittleren Schlagzahl bedingt wurde. Statt mich einfach auf die, in dem vorhergehenden Abschnitt dieser Abhandlung vorgelegten Thatsachen zu berufen, ziehe ich die Anführung von noch zwei Beispielen vor, in welchen sich die Bedeutung des rascheren Stromes in den Lungenvenen besonders deutlich ausspricht. (S. die nebenstehenden Tabellen.)

In den beiden Beobachtungen beschleunigt sich während der Reizung des Halsmarkes die Pulsfolge, am 4. Juni weniger, am 5. Juli mehr. Ungeachtet dessen nimmt sogleich das Schlagvolum bis zum doppelten des vorherigen Werthes zu, wenn das Blut aus den Körper- in die Lungengefässe überfliessen kann. Am 4. Juni war dieses mit dem Beginn der Reizung des Markes gestattet, am 5. Juli aber erst dann, als die Verstopfung der V. cava inferior beseitigt war. — So lange der Verschluss der Vene bestand, war bei kürzerer Schlagdauer am 5. Juli das Schlagvolum während der Reizung um etwas geringer, als vor derselben, und als nach Beendigung der Reizung die Pulsfolge wieder auf den Grad von Trägheit

Aus dem 4. Juni.

Schlagdauer in Sec.	Schlagvolum in Ccm.	Bemerkungen
0·27	4·0	Dauer der Beobachtung 56·5 Sec. Ruhendes Mark
0·25	5·2	
0·28	5·5	
0·27	4·1	
0·24	3·3	
0·31	5·4	
0·22	6·6	Reizung des Halsmarkes während 26·4 Sec.
0·31	10·5	
0·23	9·9	
0·23	10·3	
0·23	10·1	
0·25	11·3	
0·25	12·0	
0·25	11·3	Nachwirkung Dauer der Beobachtung 15·9 Sec.
0·21	9·1	
0·28	11·8	
0·24	10·8	

Aus dem 5. Juli.

Schlagdauer in Sec.	Schlagvolum in Ccm.	Bemerkungen
0·64	12·4	Vena cava inferior verstopft Ruhendes Mark Dauer der Beobachtung 41·3 Sec.
0·60	13·0	
0·56	15·7	
0·54	15·4	
0·52	14·4	
0·48	13·3	
0·52	16·0	Reizung des Halsmarkes, Dauer 42·7 Sec.
0·41	13·2	
0·36	11·7	
0·36	10·6	
0·41	12·4	
Die Vena cava inferior wird geöffnet.		
0·33	12·0	
0·37	18·0	
0·42	21·1	
0·39	18·1	
0·43	23·3	
0·40	24·6	
0·52	27·0	Nachwirkung der Reizung, Dauer der Beobachtung 34·6 Sec.
0·50	27·1	
0·52	28·6	
0·52	28·5	
0·55	27·0	
0·60	34·5	
0·47	24·6	
0·37	21·5	
0·55	28·7	
0·44	24·6	
0·47	24·6	

zurückging, den sie vor der Reizung besessen hatte, wurde das Schlagvolum grösser, als es während der Reizung bei offener Vena cava gewesen war. Aus dem Vergleiche der 4 Perioden des Versuches geht demnach ganz unzweifelhaft hervor, dass die Vergrösserung des Schlagvolums nur von dem vermehrten Zufluss des Blutes bedingt sein konnte.

Wie es geschah, dass trotz der kürzeren Zeit, während welcher die Kammer dem rascheren Zufluss des Blutes offen stand, um soviel mehr in sie eindrang, als in der längeren Diastole, bei weniger mächtigem Venenstrom, bleibt fraglich. Hat sich der Druck in den Venen gesteigert, so dass der Ventrikel sich weiter ausdehnte? ist die Zusammenziehung des stärker gefüllten Vorhofes eine kräftigere geworden? führte die beim Nachlass der Kammersystole wirksame Saugkraft unter der Gegenwart einer reichlicheren Blutmenge zu einer grösseren Ausdehnung der Ventrikelhöhle? auf alle diese Fragen müssen wir in Ermangelung genügender Unterlagen die Antwort schuldig bleiben.

Festgestellt bleibt dagegen die wichtige Thatsache, dass sich trotz unveränderter Schlagfolge der linke Ventrikel in ganz ungleichem Grade füllen und damit den Ansprüchen genügen kann, welche die wechselvolle Stärke des Lungenstromes an ihn stellt.

Eine sichtbare Bestätigung für die durch das Messen des Schlagvolums erhaltenen Ergebnisse, liefert die schon früher erwähnte Gestalt der Pulscurve. Ihre Ordinaten wachsen von dem Augenblick an, in welchem die Aichröhren eine Vergrösserung in der Stärke des Aortenstromes anzeigen. Dass die grössere Excursion der Pulse einer unmittelbaren Wirkung des gereizten Halsmarkes auf den Herzmuskel zugeschrieben werden müsse, widerlegt sich durch den Versuch, in welchen während der Verstopfung der V. cava infer. die Tetanisirung des Markes vorgenommen wird. Trotz der Markreizung bleibt die Excursion der Pulse gering, so lange die Lichtung der Vene verschlossen bleibt, erst nach der Wiederherstellung der Wegsamkeit erhebt sich der Puls und hält sich auch nach dem Schlusse der Reizung so lange hoch, als in der Periode der Nachwirkung die Stromstärke eine grosse bleibt.

Nach der Darlegung dessen, wozu die Reizung des Halsmarkes führte, scheint es unnöthig, die Folgen zu beschreiben, welche die Erstickung, die schmerzhafte Reizung sensibler Nerven, das Pumpen an den Gliedern u. A. nach sich ziehen. Sie alle geben in mehr oder weniger ausgesprochenem Grade das Bild des gereizten Markes, mit dem Unterschiede jedoch, dass niemals von dem Federmanometer die hohen Pulszahlen aufgeschrieben wurden, welche während der Tetanisirung des Halsmarkes regelmässig und stark ausgebildet erschienen.

2) Ueber die Abhängigkeit des Schlagvolums von der Diastolenzeit.

Auf die Abhängigkeit, in welcher die Füllung der Herzhöhlen von der Dauer der Pausen steht, wird man so oft durch den Augenschein hingewiesen, als der N. vagus bei eröffneter Brusthöhle gereizt wird. So lange der durchschnittene N. vagus ruht, ist während der raschen Pulsfolge das Herz klein, sein Umfang nimmt dagegen sehr merklich zu, wenn der erregte Nerv den Eintritt der Systolen hinausschiebt. — Bei ihren Versuchen, in welchen Powell und Donaldson[1] das Herz durch künstlich zugeführtes Kalbsblut lebendig erhielten, bemerkten sie ebenfalls den Einfluss der Schlagdauer auf das vom linken Ventrikel ausgeworfene Volum. Das Mittel, durch welches sie die Schlagfolge des Herzens änderten, bestand in der ab- und aufsteigenden Variation der Temperatur von 37° oder 38° C zu 26° C. —

[1] A. a. O.

Einmal hob sich das Schlagvolum bei einem Wachsthum der Schlagdauer von 0·31 auf 0·91 Secunden von 9·2 ccm auf 16·3 ccm und ein anderes Mal bei einer Verlängerung der Schlagdauer von 0·26 auf 0·77 Secunden von 2·9 auf 4·7 ccm. Da voraussichtlich der in der Herzmechanik liegende Grund, aus welchem sich die Diastolenzeit verlängert, bei der Reizung des N. vagus, ein ganz anderer sein wird, als der während der Erniedrigung der Temperatur wirksame, trotzdem aber der Erfolg nach derselben Richtung hinliegt, so tritt damit die Folge der Pausenzeit als solcher deutlich hervor.

Aus meinen ungemein zahlreichen Messungen der Schlagdauer und des -Volums bei einer grösseren Zahl von Hunden ergiebt sich ebenfalls eine deutliche, aber keineswegs eine streng geregelte Abhängigkeit beider Werthe, denn es kann bei gleicher Dauer das Volum des Schlages sehr bedeutend schwanken. In wie weit, können wir aus der folgenden Tabelle sehen, in welche eine Auswahl aus meinen Beobachtungen aufgenommen ist.

Es sind die Ergebnisse von Thieren mit sehr verschiedenem Körpergewicht gewählt, bei welchen möglichst grosse Unterschiede der Schlagdauer zur Beobachtung kamen. Der Uebersicht förderlich, ohne dem wahren Inhalt Zwang anzuthun, schien mir die Zusammenfassung einer Reihe Schlagdauern und zwar solcher, in welchen alle die hinter ihr angemerkten Maxima und Minima des Schlagvolums beobachtet waren. Für den Inhalt der Tabelle ist die Bemerkung nicht ohne Wichtigkeit, dass die aufgeführten Werthe des Schlagvolums für die Dauer bis zu 0·6 hin meist sehr häufig, oft in mehr hundertfacher Anzahl vorkamen.

Maxima und Minima des Schlagvolums bei kürzerer und längerer durch Vagusreizung erzeugter Schlagdauer.

Datum des Versuches	Körpergewicht in Kilo	Grenzen der Schlagdauer in Sec.	Minimum des Schlagvolums in Ccm.	Maximum des Schlagvolums in Ccm.	Zustand des N. vagus
12. Juni	12	von 0·30 bis 0·38	11	20	ruhend
			12	38	erregt
		von 0·48 bis 0·54	22	25	ruhend
			16	25	erregt
		von 0·55 bis 0·80	26	38	erregt
		von 1·0 bis 1·3	28	43	erregt
13. Mai	18·4	von 0·25 bis 0·40	3	6	ruhend
			5	10	erregt
		von 0·41 bis 0·59	4	5	ruhend
			4	10	erregt
		von 0·88 bis 1·00	10	11	erregt
		von 1·12 bis 1·80	13	19·0	erregt

Datum des Versuches	Körpergewicht in Kilo	Grenzen der Schlagdauer in Ccm.	Minimum des Schlagvolums in Ccm.	Maximum des Schlagvolums in Ccm.	Zustand des N. vagus
20. Mai	22	von 0·25 bis 0·40	13	24	ruhend
		von 0·36 bis 0·40	14	22	erregt
		von 0·41 bis 0·51	16	34	ruhend
			19	28	erregt
		von 0·58 bis 0·80	21	48	erregt
28. Juli	23	von 0·31 bis 0·40	11	22	ruhend
			13	20	erregt
		von 0·41 bis 0·60	12	25	ruhend
			12	32	erregt
		von 0·70 bis 0·80	15	26	erregt
		1·00	28	36	erregt
		1·50	34	49	erregt
		1·80	43	55	erregt
31. Juli	25·5	von 0·24 bis 0·40	3	9	ruhend
		von 0·27 bis 0·40	3	7	erregt
		von 0·41 bis 0·70	7	10	erregt

Wenn die Schlagdauer zwischen 0·25 bis 0·40 Secunden liegt, so ist das Schlagvolum auf ein nach oben nicht überschreitbares Maass eingeschränkt, aber jeder zwischen ihm und dem Minimum gelegene Werth kann ebensowohl bei 0·25 als bei 0·40 Secunden dauerndem Intervall auftreten. Die Unabhängigkeit zwischen den beiden Grössen kann wie schon bei der entsprechenden Erfahrung über das Verhalten der Stromstärke bemerkt wurde, nicht auffallen, weil sich die Dauer der Diastole während so rascher Schlagfolgen wenig ändert, denn mit der wachsenden Häufigkeit des Pulses nimmt der Zeitbestand der Systole ab. Auch hier zeigt sich, dass, schwache Erregungen des N. vagus auf das Schlagvolum schon einen Einfluss üben können, bevor sie noch auf die Schlagdauer wirken. Im Versuche vom 12. Juni und 13. Mai tritt diese Wirkung sehr auffallend hervor, in den übrigen Beobachtungen fehlt sie. — Verlängert sich die Pause, sodass die Schlagdauer bis zu 0·6 Secunden zunimmt, so kann auch jetzt noch das Schlagvolum mannigfach wechseln, aber die Minima und Maxima sind schon merklich grösser, als bei einer nur bis zu 0·40 Secunden gestiegenen Dauer. — Noch bedeutender war das Wachsthum der kleinsten und grössten Werthe der mit einem Herzschlag ausgeworfenen Mengen, wenn sich die Schlagdauer von 0.7 bis zu 1·0 und 1·5 Secunden verlängert hatte. Jetzt erscheinen ganz überraschende Zahlen. Die mit einer Systole hervorgetriebene Masse kann das Vierfache von der geringsten und das Doppelte von der grössten betragen, welche während der raschen Pulsfolge von einem Herzschlage geliefert wurde. — Dehnt sich die Schlagdauer über 1·5 aus, so nehmen auch jetzt noch die Maxima und Minima

der Schlagvolumina zu, aber nur noch mässig; sie scheinen einem oberen Grenzwerthe zuzustreben. — Vollkommener als es durch meine Versuche geschehen ist, würden sich die oberen Grenzen der Ausweitung bestimmen lassen, welche die linke Kammer bei langer Schlagdauer zu erreichen vermag, wenn gleichzeitig das Halsmark und die Nn. vagi gereizt würden.

Doch fordern trotz mangelnder Kenntniss einer möglicher Weise noch ausgiebigeren Dehnbarkeit die vorliegenden Erfahrungen zu einer weiteren Betrachtung auf. Aus der Thatsache, dass mit der wachsenden Diastolenzeit die Füllung des Herzens in so beträchtlichem Maasse zunehmen kann. leitet sich unmittelbar ab: dass der aus den Lungenvenen herandringende Strom auch bei sehr seltener Pulsfolge keine Stockung zu erfahren braucht, und ferner begreifen wir, warum das in der Secunde durch die Aorta fliessende Blutvolum in weitem Umfange unabhängig bleibt von den Zahlen der in dieser Zeiteinheit ausgeführten Systolen. Der bis zu einer Secunde hin ruhende Ventrikel kann, wie sich soeben zeigte, das Vierfache der Menge aufnehmen, welche ihn in je einer Pause zwischen zwei Herzschlägen füllte. von denen vier auf eine Secunde fallen.

Ueber den Mechanismus, welcher die Ausdehnung der Höhle besorgt, werden wir dahin belehrt, dass er nicht ausschliesslich durch den elastischen Zug der Kammerwand veranlasst sein kann; denn bei unveränderter Dauer der Diastole kann die Füllung ungleich weit vorschreiten. Der Strom des hinzutretenden Blutes gewinnt somit an der Ausweitung einen Antheil. — Welchen, darüber fehlt jedoch eine Auskunft. Wer Gelegenheit hatte, ein blossgelegtes, sehr weit ausgedehntes Herz des lebenden Thieres zu betasten, weiss, wie weich sich dasselbe anfühlt, gerade so wie jeder erschlaffte, ungespannte Muskel. Der Empfindung folgend liesse sich denken, dass die Wand des Ventrikels auch ohne Erhöhung des Binnendruckes sich in dem Maasse entfaltet habe, in welchem es ihr unter dem Zufliessen des wenig gespannten Venenblutes gestattet war; oder auch, dass bei der Weichheit des Muskelstoffes durch den geringen Druck des hereinströmenden Blutes eine Ausdehnung der Wand erzeugt sei, die noch zu keiner merklichen Spannung derselben geführt habe.

Die Schilderung der Beziehungen, welche meine Versuche zwischen der Dauer und dem Volum des Schlages aufdecken, würde eine unvollständige bleiben, wenn sie sich, statt auf das häufigere der mittleren Werthe auszudehnen, auf das seltenere Vorkommniss der Maxima und Minima beschränken würde. Damit, dass sich, wie wiederholt betont wurde, kein durchgreifendes gesetzmässiges Verhalten zwischen den beiden Grössen finden liess, ist noch nicht die Abwesenheit einer Regel behauptet, die mit dem Bestehen vielfacher Ausnahmen verträglich ist. Um von der An- oder Abwesenheit einer solchen Regel Nachricht zu erhalten, wurden aus den Ab-

schnitten eines Versuches, in welchem sich das Thier unter möglichst gleichen Bedingungen befand, alle Pulse gleicher Dauer in Verbindung mit dem zugehörigen Schlagvolum herausgeschrieben. Nachdem die Pulse von je gleicher Schlagdauer ausgelesen waren, wurden die einer jeden der Reihen, welche gleiches Volum besassen, gezählt und nach ihrem Volum geordnet. Damit war ersichtlich, wie viel Mal unter einer grossen Zahl von Pulsen solche mit gleicher Schlagdauer vorhanden gewesen, und ebenso wieviel Mal unter den Pulsen gleicher Dauer ein bestimmtes Volum erschienen war. Nun waren selbstverständlich in einem Versuche unter der Gesammtzahl der Pulse diejenigen gleicher Schlagzahl in sehr verschiedener Menge vertreten und dasselbe galt von den verschiedenen Volumen der Schläge gleicher Dauer. Zur Herstellung einer Vergleichbarkeit konnte darum nur eine Procentrechnung führen. Nachdem die letztere vollendet war, liessen sich Tabellen gleich den beiden folgenden anfertigen. Nur bei zwei Versuchen habe ich die zeitraubende und ermüdende Zusammenstellung durchgeführt, weil sich aus einer genaueren Durchsicht der anderen Versuche kein von dem vorgelegten abweichendes Ergebniss erwarten liess.

In der vordersten der senkrechten Reihen beider Tabellen stehen die Schlagdauern, in der zweiten, wie viel Pulse mit dieser Schlagdauer vorkamen, dann folgen Reihen, über welchen unter Vernachlässigung der Bruchtheile eines Cubikcentimeters die Grössen der Schlagvolumina stehen, welche während des Versuches beobachtet wurden. Die Zahlen unterhalb der Köpfe sind Procente der Summe von Pulsen gleicher Dauer, welche am Eingange der Reihe zu finden ist. Um über die Bedeutung der Tabelle keinen Zweifel mehr zu lassen, wird also zum Beispiel zu lesen sein: Bei einer Schlagdauer von 0·23 Secunden kamen 36 Pulse vor, 16·6 Procente dieser Zahl trieben 10 ^{ccm} und 66.6 Procente derselben trieben 11 ^{ccm} aus u. s. f.

Aus dem Versuch vom 5. Juli, Abtheilung „Ruhendes Halsmark“, lässt sich, so lange die Pulsdauer zwischen 0·27 und 0·34 Secunden liegt, keine Beziehung zwischen der Häufigkeit und der Mächtigkeit des Pulsschlages ableiten, zuweilen fördert der Ventrikel bei kürzerer Schlagdauer mehr bald weniger als bei längerer und umgekehrt. — Steigt dagegen die Dauer des Schlages auf 0·34 bis 0·35 Secunden, so drückt sich ein Uebergewicht des Schlagvolums zwar noch wenig aber doch deutlich dadurch aus, dass nun dasselbe die kleinsten Werthe gar nicht mehr, dagegen zuweilen so grosse annimmt, wie sie bei rascherer Pulsfolge fehlten. — Zu demselben Ergebniss führt für sich betrachtet die Abtheilung „Gereiztes Mark“ des Versuches vom 5. Juli. — Aus dem Vergleiche der beiden Abtheilungen untereinander ergiebt sich, dass während der Reizung die Schlagvolume 4, 5, 6 ^{ccm}, trotz unveränderter Häufigkeit des Pulses ausfallen, welche doch bei ruhendem Mark in merklicher Anzahhl auftreten.

5. Juli. Ruhendes Halsmark.

Das Schlagvolum beträgt:	4 Ccm	5 Ccm	6 Ccm	7 Ccm	8 Ccm	9 Ccm	10 Ccm	11 Ccm	12 Ccm	13 Ccm	14 Ccm	15 Ccm	16 Ccm	17 Ccm	18 Ccm	19 Ccm	20 Ccm	26 Ccm
Mit der Schlagdauer von																		
0·27 Sec. fielen 624 Pulse, hiervon in Proc.	—	—	10·0	—	9·0	—	—	28·0	—	—	31·0	22·0	—	—	—	—	—	—
0·28 „ „ 102 „ „ „ „	—	—	—	—	12·7	17·7	—	—	21·5	—	39·0	8·7	—	—	—	—	—	—
0·29 „ „ 136 „ „ „ „	—	—	5·1	17·6	—	—	—	—	—	8·9	60·0	8·8	—	—	—	—	—	—
0·30 „ „ 739 „ „ „ „	—	3·8	—	36·0	7·7	1·6	5·4	12·4	4·6	7·0	7·4	8·1	2·1	1·3	—	—	—	—
0·31 „ „ 464 „ „ „ „	—	—	2·0	29·0	4·0	4·0	3·0	8·1	2·5	6·2	10·8	10·0	9·0	9·0	4·0	—	—	—
0·32 „ „ 575 „ „ „ „	2·2	11·0	0·9	1·90	22·0	—	4·7	4·0	4·0	2·0	12·7	6·0	6·4	—	3·0	1·5	—	—
0·33 „ „ 525 „ „ „ „	5·8	10·0	4·5	8·7	3·8	8·0	—	6·8	3·6	5·1	11·0	7·4	11·6	8·5	4·0	—	—	—
0·34 „ „ 285 „ „ „ „	6·6	27·0	7·0	10·6	—	7·0	8·0	—	4·6	—	4·0	2·8	19·0	—	—	3·8	—	—
0·35 „ „ 303 „ „ „ „	—	—	5·5	—	40·0	7·0	—	—	3·8	—	7·8	—	11·0	22·8	2·0	—	—	—
0·36 „ „ 244 „ „ „ „	—	—	—	—	8·0	—	—	6·9	11·8	—	12·0	7·0	17·0	19·0	8·2	8·0	2·0	2·0
Summa 3997 Pulse																		

Gereiztes Halsmark.

Das Schlagvolum beträgt:	7 Ccm	8 Ccm	9 Ccm	10 Ccm	11 Ccm	12 Ccm	13 Ccm	14 Ccm	15 Ccm	16 Ccm	17 Ccm	18 Ccm	19 Ccm	20 Ccm	21 Ccm	22 Ccm	23 Ccm	24 Ccm
Mit der Schlagdauer von																		
0·27 Sec. fielen 140 Pulse, hiervon in Proc.	11·0	—	—	10·0	8·6	10·0	21·6	16·0	—	18·0	4·3	—	—	—	—	—	—	—
0·28 „ „ 166 „ „ „ „	—	—	—	—	25·8	—	23·0	7·0	10·3	—	14·4	—	14·4	—	5·0	—	—	—
0·29 „ „ 122 „ „ „ „	—	18·0	14·0	—	9·0	—	—	10·0	24·6	8·0	16·0	—	—	—	—	—	—	—
0·30 „ „ 294 „ „ „ „	—	5·7	7·0	—	14·0	1·0	15·0	30·0	4·0	8·0	10·8	—	5·0	—	2·0	—	—	—
0·31 „ „ 188 „ „ „ „	—	—	—	12·0	15·4	—	—	6·4	4·3	13·0	27·6	5·0	8·0	—	4·3	—	—	3·6
0·32 „ „ 93 „ „ „ „	—	—	—	—	—	13·0	—	23·6	—	1·0	—	25·6	0·8	14·0	—	1·2	—	—
0·33 „ „ 139 „ „ „ „	—	12·2	—	—	—	15·0	—	—	8·0	8·0	—	21·0	—	6·0	23·0	—	6·0	—
Summa 1442 Pulse																		

23. Mai.

Schlagdauer.	Gesammte Zahl		9 Ccm	10 Ccm	11 Ccm	12 Ccm	13 Ccm	14 Ccm	15 Ccm	17 Ccm	18 Ccm
0·23 Sec.	36 Pulse	hiervon in Proc.	—	16·6	66·6	16·6	—	—	—	—	—
0·24 „	57 „	„ „ „	28·8	—	28·0	12·3	28·0	—	8·7	—	—
0·25 „	167 „	„ „ „	7·1	10·2	43·1	23·9	8·5	—	5·9	—	—
0·26 „	121 „	„ „ „	9·9	12·0	16·5	31·0	21·0	—	9·0	—	—
0·27 „	149 „	„ „ „	—	15·0	14·0	30·9	15·0	17·0	8·0	—	—
0·28 „	399 „	„ „ „	—	30·0	37·0	22·0	2·0	7·0	3·0	—	—
0·29 „	96 „	„ „ „	17·0	—	28·0	31·0	14·0	7·0	—	—	—
0·30 „	263 „	„ „ „	13·0	17·0	12·0	25·0	18·0	6·0	8·0	—	—
0·31 „	32 „	„ „ „	—	—	—	—	59·4	20·3	20·3	—	—
0·32 „	12 „	„ „ „	—	—	—	—	100	—	—	—	—
0·33 „	44 „	„ „ „	—	—	20·4	—	15·9	—	45·4	—	18·1
0·34 „	14 „	„ „ „	—	—	—	—	—	100	—	—	—
0·35 „	8 „	„ „ „	—	—	50·0	50·0	—	—	—	—	—
0·36 „	13 „	„ „ „	—	—	—	100	—	—	—	—	—
0·37 „	22 „	„ „ „	—	—	—	—	—	—	100	—	—
0·39 „	10 „	„ „ „	—	—	—	—	—	—	100	—	—
0·41 „	18 „	„ „ „	—	—	—	—	—	—	55·5	44·5	—
	Summa 1461										

Im Versuch vom 23. Mai besass die Mehrzahl der Pulse eine Schlagdauer von 0·25 bis 0·28 Secunden und bei dieser nahezu gleichen Häufigkeit lieferte in der Regel die Systole ein zwischen 11 und 14 ccm sich bewegendes Volum. Bei der langsameren Pulsfolge nahm die Zahl der mit einer Systole ausgeworfenen Cubikcentimeter mehr und mehr zu. Leider ist jedoch die Summe der seltenen Pulse eine sehr geringe; ihre Aussagen können nur wenig in's Gewicht fallen.

Auf die am lebenden Hund leicht feststellbaren Grössen, das Körpergewicht und die Pulszahl, lassen sich, wie aus den zuletzt gegebenen Mittheilungen hervorgeht, keine der so häufig wünschenswerthen Schätzungen der Stromstärke gründen. Doch diesen Verlust werden wir leicht verschmerzen, wenn wir gegen ihn die Kenntniss der Bedingungen eintauschen, von welchen die Stromstärken iin der Aorta abhängen. Und zu ihr wird uns die neue Methode verhelfen, da sie dem Versuche eine weit grössere Zahl von Abänderungen gestattet, als die, deren Ausführung mir in dem Zeitraume eines Jahres möglich war.

Geräumigkeit der linken Kammerhöhle nach dem Tode; Vergleichung derselben mit dem Schlagvolum des lebendigen Ventrikels.

Nachdem die Blutmengen bekannt waren, welche während des Lebens von einer Systole der linken Kammer ausgeworfen wurden, schienen die Ausmessungen am Ventrikel des todten Thieres weitere Aufschlüsse zu versprechen.

Da es wegen anderer, an den Versuch sich anschliessender dringender Beschäftigungen unmöglich war, die Messungen vor dem Eintritt der Todtenstarre vorzunehmen, so wurde das aus dem eben getödteten Thiere ausgenommene Herz unter 10procentiger NaCl-lösung geknetet und bis zum anderen Tage in einer solchen Lösung aufbewahrt, wonach seine Wand sich ähnlich weich wie im frischen Zustande anfühlte. Zur weiteren Vorbereitung wurde der linke Vorhof ausgiebig eröffnet und in seine untere, nahe über den Venenklappen befindliche Grenze ein Ring aus Kupferdraht mit vier Näthen befestigt, damit sich bei der nachfolgenden Füllung des Ventrikels die Basis der letzteren nicht über ein Maass ausdehnen konnte, bei welchem der Schluss der Klappen unmöglich war. — Dann wurden die Coronararterien an ihrer Wurzel zugebunden und in die Aorta ein entsprechend weites, der Länge nach in Millimeter getheiltes und auf seinen Inhalt calibrirtes Glasrohr derart eingebunden, dass sein unteres Ende mit der Basis der vorher eingeschnittenen Semilunarklappen in gleicher Höhe stand. — Das Glasrohr wurde in einen festen Halter eingespannt, das Herz bis zu seiner Basis in ein geräumiges, mit 0·5procentiger Na Cl-Lösung gefülltes Gefäss bis zu dem oberen Ende der Ventrikel hin eingetaucht und darauf durch das Glasrohr allmählich 0·5procentige Na Cl-Lösung eingefüllt, bis sich die Klappen am Ostium venosum geschlossen hatten. Die Flüssigkeit, welche über denselben im Reste des Vorhofes stand, wurde mit einem Saugrohr weggenommen und darauf der Ventrikel durch ein Heberohr, welches von dem in die Aorta eingebundenen Glasrohre aus eingeführt war, entleert. Die kleinen Flüssigkeitsreste, die danach noch im Ventrikel zurückblieben, wurden von einem Saugrohr aufgenommen und dem durch den Heber entleerten zugefügt. Begonnen wurde die Füllung mit dem geringsten Drucke, unter dem sich die venösen Klappen noch schlossen und dann unter Anwendung höherer Drucke mit der Messung fortgefahren. Für jeden der angewendeten Drucke wurde die Ausmessung 4- bis 6mal wiederholt und aus den bis auf 1 oder 2 ^{cm} übereinstimmenden Angaben das arithmetische Mittel genommen. — Auf diese Art entstanden die folgenden Zahlen. In den Ueberschriften der Spalten stehen die Drucke in Centimetern Wasser, bei welchen die Füllung vorgenommen wurde, in den horizontalen Eingängen ist das Datum des Versuches und das Gewicht des Thieres angemerkt, dem das Herz angehört hatte. Am Ende jeder Horizontalreihe steht das Minimum und Maximum des am lebenden Thiere beobachteten Schlagvolums (s. folgende Seite).

Das Minimum der Schlagvolumina lebendiger Herzen war also durchweg kleiner, als der an den todten gefundene Inhalt der Kammer, selbst wenn sie unter einem Drucke gefüllt wurden, der weniger als 1 ^{cm} Wasser betrug.

			0 Cm	50 Cm	100 Cm	200 Cm	300 Cm	400 Cm	Schlagvolum Minimum	Schlagvolum Maximum
			Wasserdruck							
	Körpergewicht		Ccm	Ccm	Ccm	Ccm	Ccm	Ccm	Ccm	Ccm
30. Mai	13 Kilo	Inhalt der Kammer	15	—	—	26	—	36	10	57
4. Juni	18 „	„ „ „	14	—	25	—	39	—	3·2	20
15. Mai	18 „	„ „ „	—	—	—	24	—	—	2·1	14
13. Mai	18·5 „	„ „ „	15	—	—	—	30	—	3·0	18·5
1. Juli	19·5 „	„ „ „	20	26	36	—	—	—	3·5	16·4
18. Juli	19·5 „	„ „ „	—	—	36	42	—	—	3·0	10·1
12. Juni	22·0 „	„ „ „	14·5	20	—	28	—	—	13	57
23. Mai	22·0 „	„ „ „	14·5	—	27	32	—	—	9	35
26. Juni	22·0 „	„ „ „	20	—	33	—	—	—	10	32
20. Mai	22 „	„ „ „	18	—	26	32	—	—	13	50
28. Juli	23 „	„ „ „	—	17	26	36	—	—	9·0	55
23. Juli	25 „	„ „ „	13	18	22	—	40	—	2·8	35
26. Juni	26 „	„ „ „	14	—	18	—	—	22	4·0	25
5. Juli	28 „	„ „ „	20	27	40	—	—	—	5·0	29

Und das Maximum des Schlagvolums erreichte in 6 unter den 14 aufgezeichneten Beobachtungen Grössen, die der Inhalt des todten Ventrikels auch durch Drucke nicht gewann, denen er im Leben schwerlich jemals während der Diastole ausgesetzt ist. Die lebendige Herzwand muss also weit nachgiebiger als die todte sein, welche durch die Einwirkung einer 10procentigen NaCl-Lösung vor dem Uebergang in die ausgebildete Starre bewahrt wurde. — Denn wenn in den übrigen acht Herzen der Inhalt der todten Kammer gleich oder grösser gefunden wurde als das Maximum des Schlagvolums, so wird man daraus nur schliessen können, dass die an welchen sich solches ereignete, während des Lebens nicht unter Bedingungen schlugen, die zu dem grössten Werthe der erreichbaren Füllung führten. —

Was von den eben mitgetheilten Versuchen erwartet wurde, haben sie nicht gewährt; sie geben keine Auskunft darüber, wie der Binnenraum des lebendigen Herzens von dem dort vorhandenen Druck abhängt. Wäre uns das Verhältniss der beiden Werthe bekannt, so würden uns die grösseren der gemessenen Schlagvolume, zu deren Entstehung die Saugkraft des Herzens nicht ausreichte, ein Urtheil über den Druck erlaubt haben, den die Wand des Ventrikels während der Diastole zu tragen hatte. — Hoffen wir, dass sich der erwünschte Aufschluss erlangen lässt, wenn man, wie es schon Hesse[1] gethan hat, den Binnenraum des Ventrikels vor dem Eintritt der Todtenstarre mit Blut ausaicht, nachdem man die Stärke des Aortenstromes am lebenden Thiere gemessen hat.

Aus den Zahlen der obigen Tabelle springt noch ein anderes unerwartetes Ergebniss hervor. Sie lassen zwischen der Räumlichkeit des linken Ventrikels und dem Körpergewicht kein gerades Verhältniss erkennen.

[1] *Dies Archiv.* Anat. Abthlg. 1880. S. 351.

Denn es wurde bei 0 Druck der Inhalt des Ventrikels gleich oder nahezu übereinstimmend zu 13 bis 15 ^{ccm} gefunden, trotzdem dass die Gewichte der Hunde, denen die Herzen entnommen waren 13, 18, 22, 25 und 26 Kilo betrugen. Und als der Druck, unter welchem die Füllung geschah, auf 300 ^{cm} Wasser gestiegen war, fasste die Kammerhöhle eines Hundes von 18 Kilo gleichviel wie die eines solchen von 25 Kilo Körpergewicht. Soll man auch hieraus auf die Verwerflichkeit des von mir angewendeten Verfahrens schliessen? Oder wird es nicht gerathener sein, den Gegenstand einer erneuten Untersuchung zu unterwerfen? Eine besondere Aufforderung die Messungen zu wiederholen liegt in der gleichfalls grossen Unabhängigkeit des maximalen Schlagvolums von der Grösse des Thieres; denn bei einem Körpergewicht von 13 und 22 Kilo wurde es übereinstimmend zu 57 ^{ccm} gefunden.

Anhang.

Ergebnisse des Versuches vom 4. Juni 1884.

Körpergewicht 18 Kilo. — Curare. — Halsmark durchschnitten und gereizt bei offener und verschlossener V. cava. — Reizung des Nn. vagi. — Die Section ergab die richtige Lage der Stopfbeutel und die gelungene Unterbindung aller Aeste beider Axillaren.

	Arteria					Vena	
Zeit in Sec.	Blutmenge während dieser Zeit	Herzschläge in derselben	In 1 Sec. Blutmenge	Von einem Herzschlage Blutmenge	Dauer des Herzschlages in Sec.	In 1 Sec. Blutmenge zurück	
	Ccm		Ccm				
10·9	131	36	12	3·2	0·28	—	Verstopfung der Aorta begleitet von Erregung der Nn. vagi.
6·4	120	21	19	5·7	0·31	52	
11·4	117	7	10	14·6	1·40	15	
6·8	145	9	21	14·5	0·68	11	
4·4	98	5	22	19·6	0·88	12	
12·7	143	9	11	15·8	1·40	0	V. jugularis geschlossen.
5·8	170	12	28	14·1	0·44	12	
4·4	120	12	27	10·0	0·36	26	
							Nn. vagi durchschnitten.
3·5	105	10	30	10·5	0·35	46	
4·0	138	12	34	11·5	0·33	45	
2·3	91	7	40	13·0	0·32	46	
2·0	80	6	40	13·3	0·33	40	
1·8	64	4	40	21·0	0·45	43	
1·5	55	4	37	13·7	0·37	49	
1·5	61	4	40	15·2	0·37	37	
1·6	65	6	40	10·8	0·26	28	
1·7	60	6	35	10·0	0·28	40	
1·4	63	5	45	12·6	0·28	35	
1·5	67	5	44	13·4	0·30	25	
2·0	91	9	45	10·1	0·22	30	
5·4	154	18	28	8·5	0·30	20	
6·8	173	25	26	6·9	0·27	20	
6·4	163	24	25	6·7	0·26	22	
5·6	162	20	28	8·1	0·28	31	
5·4	168	18	29	9·3	0·30	30	
4·5	173	15	40	11·5	0·30	33	Halsmark gereizt.
3·8	154	14	40	11·0	0·29	43·5	
4·1	172	19	42	9·1	0·21	46·5	
3·5	172	13	49	13·2	0·26	47	
3·5	172	12	49	13·2	0·29	50·5	Ende der Reizung.
3·5	163	12	47	12·5	0·21	47	
3·1	153	11	50	13·9	0·28	47	
3·3	141	11	43	12·8	0·30	37	
3·3	145	11	43	13·1	0·30	43	
3·4	140	12	41	11·6	0·28	43	
2·9	125	10	43	12·5	0·29	36	
2·8	116	9	41	12·8	0·31	44	
2·4	110	9	45	12·2	0·26	41	
4·1	172	15	42	11·4	0·27	19	
6·0	168	22	28	7·6	0·22	28	Zufluss zur Vena jugularis verengt.
4·4	126	15	28	8·4	0·29	40	

	Arteria					Vena	
Zeit	Blutmenge während dieser Zeit	Herzschläge in derselben	In 1 Sec. Blutmenge	Von einem Herzschlage Blutmenge	Dauer des Herzschlages	In 1 Sec. Blutmenge zurück	
4·5	165	17	38	9·7	0·27	40	
4·0	153	14	38	10·9	0·21	41	
3·5	137	12	40	11·4	0·29	40	
4·6	170	15	39	12·1	0·31	24	
5·8	172	21	30	8·1	0·27	26	
5·8	165	20	29	8·2	0·29	27	
5·8	164	22	29	7·4	0·26	27	
							In den in der V. cava neben den Nieren gelegenen Beutel 5 ccm NaCl-Lösung gefüllt.
5·4	147	18	27	8·1	0·30	26	
5·1	134	17	26	7·8	0·30	25	
6·0	162	22	26	7·3	0·22	25	
6·0	157	23	25	6·8	0·26	26	
6·2	164	22	26	7·4	0·28	27	
							In den Beutel der V. cava weitere 10 ccm.
6·8	173	26	25	6·6	0·26	21	
6·6	170	23	26	7·3	0·28	25	
5·6	173	20	31	8·6	0·28	27	Reizung des Halsmarkes.
5·8	170	19	30	8·9	0·21	29	
6·4	172	23	29	7·4	0·23	31	
5·2	164	17	31	9·5	0·31	32	
5·3	160	19	30	8·4	0·27	32	
3·1	115	11	37	10·4	0·28	27·6	
2·0	76	8	38	9·5	0·25	30	
1·6	56	6	35	9·3	0·26	30	
2·5	91	9	36	10·1	0·27	28	
5·2	157	18	29	8·3	0·28	24	Ende der Reizung.
7·8	173	27	22	6·4	0·28	20	
8·2	159	28	19	5·6	0·29	20	
7·8	153	27	19	5·6	0·28	20	
7·2	138	23	19	6·0	0·34	20	
6·8	131	24	19	5·4	0·28	19	
6·6	125	22	19	5·6	0·30	19	
6·2	121	21	19	5·2	0·29	19	
5·9	107	20	19	5·3	0·29	19	
11·8	143	35	12	4·1	0·33	9	
							Die Flüssigkeit aus dem Beutel in der V. cava abgelassen.
9·4	131	33	14	3·9	0·25	14	
9·1	152	32	16	4·7	0·28	14	
8·9	150	30	16	5·0	0·29	15	
10·3	160	34	15	4·4	0·31	15	
10·7	167	35	15	4·4	0·31	15	
9·7	174	34	18	4·4	0·28	14	Reizung des Halsmarkes mit stärkeren Strömen.
7·7	165	20	21	8·2	0·38	13	
6·2	125	18	20	6·9	0·34	26	
4·5	145	15	32	9·6	0·30	47	
3·7	129	13	34	9·9	0·28	39	
3·4	124	12	36	10·3	0·28	39	
4·5	164	16	37	10·2	0·28	27	
5·2	170	20	31	8·5	0·26	23	
5·4	166	21	30	7·9	0·25	28	
5·6	171	20	30	8·5	0·28	30	Ende der Reizung.

Arteria						Vena	
Zeit	Blutmenge während dieser Zeit	Herzschläge in derselben	In 1 Sec. Blutmenge	Von einem Herzschlage Blutmenge	Dauer des Herzschlages	In 1 Sec. Blutmenge zurück	
5·5	154	21	26	7·3	0·26	31	
5·3	140	20	26	7·0	0·26	30	
4·5	125	17	27	7·3	0·26	30	
4·0	118	16	29	7·3	0·25	30	
4·1	114	17	27	6·7	0·25	24	
5·6	136	21	20	6·4	0·26	22	
5·6	144	22	24	6·5	0·25	20	5 ccm in den Beutel der V. cava.
7·2	150	25	21	6·0	0·28	21	
7·0	143	28	20	5·1	0·25	21	
6·2	128	21	20	9·09	0·29	20	
6·4	125	24	19	5·2	0·26	21	Weitere 10 ccm in den Beutel der V. cava.
6·2	124	22	19	5·6	0·28	19	
6·0	114	22	19	5·1	0·27	20	
6·4	120	24	18	5·0	0·26	15	
11·6	136	40	11	3·4	0·29	10	
11·4	134	37	11	3·6	0·31	11	
9·7	171	33	17	5·1	0·29	12	Reizung des Halsmarkes.
10·9	165	35	15	4·7	0·31	15	
10·0	172	34	17·2	5·05	0·29	18	
8·1	160	29	20	5·5	0·27	19	
7·2	155	25	21	6·2	0·28	18	
4·9	110	12	22	9·1	0·41	36	Ende der Reizung.
3·8	138	14	36	9·8	0·26	32	Aortenstopfer neu gefüllt.
5·1	163	19	32	8·5	0·26	33	
5·1	153	18	30	8·5	0·28	33	
4·7	130	17	28	7·8	0·27	32	
3·7	106	14	29	7·5	0·26	32	
3·3	105	13	32	8·07	0·25	30	
3·5	120	15	34	8·0	0·23	24	Reizung des Halsmarkes.
7·1	156	33	22	4·7	0·21	14	
7·4	167	36	23	4·6	0·21	21	
7·4	168	37	23	4·5	0·20	18	
7·4	166	36	23	4·6	0·21	20	
8·7	164	38	18	4·3	0·22	21	Ende der Reizung
8·1	147	32	18	4·5	0·25	21	
7·2	129	27	18	4·7	0·26	21	
6·2	117	24	19	4·8	0·25	19	
10·1	141	39	14	3·6	0·27	12	
10·2	156	39	15	4·0	0·27	13	Der Beutel in der V. cava entleert.
5·4	110	21	20	5·2	0·25	29	
8·0	155	28	19	5·5	0·28	13	
11·4	172	41	15	4·1	0·27	13	
12·0	173	51	14	3·3	0·24	12	
9·5	162	30	17	5·4	0·31	13	
4·5	133	20	30	6·6	0·22	27	Reizung des Halsmarkes.
3·5	176	11	50	10·5	0·31	50	

	Arteria					Vena	
Zeit	Blutmenge während dieser Zeit	Herz-schläge in derselben	In 1 Sec. Blutmenge	Von einem Herz-schlage Blutmenge	Dauer des Herz-schlages	In 1 Sec. Blutmenge zurück	
4·0	169	17	42	9·9	0·23	42	
3·7	165	16	44	10·3	0·23	49	
4·0	172	17	43	10·1	0·23	40	
3·0	159	14	53	11·3	0·25	45	
3·7	171	14	46	12·0	0·25	42	Ende der Reizung.
3·8	170	15	46	11·3	0·25	41	
4·0	173	19	43	9·1	0·21	42	
4·0	166	14	41	11·8	0·28	42	
4·1	173	16	43	10·8	0·24	41	
4·1	171	16	42	16·0	0·24	43	In den Beutel der V. cava
4·1	151	16	37	9·4	0·24	41	5 ccm Na Cl-Lösung.
3·5	136	13	39	14·0	0·23	41	
3·6	104	13	29	8·0	0·23	41	
3·1	110	11	36	10·0	0·28	40	In den Beutel der V. cava
4·4	143	20	32	7·1	0·22	24	weitere 10 ccm Na Cl-
6·6	173	25	26	7·0	0·28	21	Lösung.
7·4	172	27	23	6·0	0·27	21	
4·4	171	20	39	7·5	0·22	22	Reizung des Halsmar-
4·0	136	15	34	9·0	0·36	38	kes.
3·8	145	15	38	9·0	0·35	37	
3·7	143	15	38	9·0	0·35	38	
4·0	166	16	41	10·0	0·24	38	
3·8	151	16	42	9·0	0·23	41	
3·3	142	15	40	9·0	0·22	37	
3·7	153	13	41	12·0	0·28	32	Ende der Reizung.
3·4	144	11	39	13·0	0·31	38	
3·6	170	15	49	11·0	0·24	26	
5·1	145	20	28	7·0	0·25	28	
4·4	128	17	29	7·0	0·25	30	
5·3	166	19	31	8·0	0·28	25	
4·2	135	16	32	8·0	0·25	31	
4·1	128	15	31	8·0	0·27	33	
3·6	112	13	31	9·0	0·27	33	
4·0	118	13	29	9·0	0·31	30	
5·8	150	19	26	8·0	0·31	20	
6·0	173	25	28	7·0	0·24	20	Beutel aus der V. cava
6·8	165	?	24	—	—	22	herausgezogen.
6·0	143	20	24	7·0	0·30	25	
6·7	170	?	25	—	—	25	
6·9	173	20	25	8·5	0·34	30	
5·1	169	18	33	9·3	0·28	26	Reizung des Halsmar-
5·1	166	?	32	—	—	33	kes.
4·4	172	?	39	—	—	44	
							Starker Reiz.
3·7	159	15	43	16·0	0·24	42	
3·3	153	12	46	12·4	0·27	44	
4·0	168	15	42	11·2	0·26	44	

Zeit	Arteria: Blutmenge während dieser Zeit	Herzschläge in derselben	In 1 Sec. Blutmenge	Von einem Herzschlage Blutmenge	Dauer des Herzschlages	Vena: In 1 Sec. Blutmenge zurück	
3·3	156	13	46	12·0	0·25	42	
3·8	172	12	45	14·3	0·31	45	
3·5	171	13	48	13·1	0·26	42	
3·5	171	14	48	12·2	0·25	42	Ende der Reizung.
3·5	172	14	48	12·2	0·25	45	
3·8	171	14	45	12·2	0·27	44	
3·6	166	14	46	11·8	0·26	44	
4·0	173	17	43	10·1	0·23	46	
3·5	147	12	42	12·2	0·29	44	
3·5	140	13	40	11·0	0·26	42	
3·3	126	12	38	1·0	0·27	45	
2·9	108	10	37	10·8	0·29	44	
2·7	107	9	39	11·8	0·30	41	
2·9	110	10	38	11·0	0·29	40	
2·7	105	10	38	10·5	0·27	35	
2·2	80	7	36	11·7	0·31	34	
3·1	105	11	34	9·5	0·29	32	
4·9	166	17	34	9·7	0·28	30	
5·6	171	19	30	9·0	0·29	25	
6·2	173	23	27	7·5	0·26	25	
5·6	159	19	28	8·3	0·29	25	
5·6	154	19	27	8·1	0·29	30	
							Die Flüssigkeit im Stopfer der Aorta entleert.
4·5	85	11	19	7·7	0·41	0	Der Stopfer der Aorta neu gefüllt.
8·1	99	12	12	8·2	0·67	12	
8·2	127	24	15	5·2	0·34	16	
10·7	164	30	15	5·4	0·33	11	
7·1	130	27	18	4·8	0·26	17	
5·9	130	20	22	6·5	0·29	19	Reizung des Halsmarkes.
5·9	119	16	20	7·4	0·36	21	
6·0	125	20	20	6·2	0·30	22	
7·4	157	23	21	6·8	0·32	19	
9·1	172	26	19	6·6	0·35	14	
9·7	165	29	16	5·0	0·33	14	
8·3	143	26	17	5·5	0·32	19	Ende der Reizung.
7·9	160	21	20	7·6	0·36	22	
8·1	153	24	19	6·3	0·33	22	
7·1	141	21	19	6·7	0·33	18	
6·8	138	18	20	7·6	0·37	22	
6·6	137	19	20	7·2	0·34	22	Reizung des Halsmarkes.
7·2	150	23	20	11·5	0·31	19	
7·9	160	23	20	6·9	0·34	18	
8·3	166	28	20	5·9	0·29	19	
8·3	173	27	21	6·4	0·31	17	
8·3	174	28	21	6·2	0·29	19	Ende der Reizung.
8·3	166	24	20	6·9	0·34	18	
8·3	162	24	19	6·8	0·34	17	

	Arteria					Vena	
Zeit	Blutmenge während dieser Zeit	Herzschläge in derselben	In 1 Sec. Blutmenge	Von einem Herzschlage Blutmenge	Dauer des Herzschlages	In 1 Sec. Blutmenge zurück.	
9·1	164	27	17	6·07	0·33	16	
8·3	147	24	17	6·1	0·34	19	
8·3	140	25	16	5·6	0·33	15	
9·1	148	28	16	5·2	0·33	30	
9·1	155	?	17	?		30	
10·0	153	39	15	3·9	0·25	20	
6·8	140	19	20	7·3	0·35	22	
7·6	147	25	19	5·8	0·31	25	
5·4	120	19	22	6·3	0·28	24	
5·1	105	14	21	7·5	0·36	23	
4·1	94	12	23	7·8	0·34	18	
4·4	95	14	21	6·7	0·31	17	
3·5	77	12	22	6·4	0·27	27	
6·4	126	22	19	5·7	0·29	12	
10·3	155	30	15	5·1	0·34	11	
12·0	164	38	14	4·3	0·31	11	
12·8	160	38	11	4·2	0·34	11	
10·2	135	33	13	4·09	0·31	13	Der Beutel wird in die V. cava zurückgebracht u. aufgebläht.
8·0	130	25	16	5·2	0·32	18	
7·1	142	21	20	6·7	0·33	24	Reizung des Halsmarkes.
6·8	156	21	20	6·4	0·31	29	
6·8	140	24	20	5·8	0·28	22	
5·0	147	19	22	7·7	0·29	25	Die Flüssigkeit aus dem Beutel der V. cava inf. abgelassen.
7·2	142	24	20	5·9	0·30	20	
7·1	135	22	19	6·1	0·32	20	
7·0	138	23	19	6·0	0·32	21	
6·7	140	23	20	5·6	0·29	20	Ende der Reizung.
7·0	134	24	19	5·5	0·29	19	
7·3	140	24	19	5·8	0·31	19	
7·7	146	24	19	6·08	0·32	19	
9·8	173	30	19	5·7	0·32	14	
12·8	178	42	14	4·2	0·31	14	
10·7	143	32	13	4·5	0·35	15	
10·0	164	31	16	5·2	0·32	17	
10·0	170	30	17	5·6	0·33	16	
10·0	166	32	16	5·1	0·31	16	Reizung des Halsmarkes.
10·1	169	30	16	5·6	0·33	14	
10·0	154	29	15	5·3	0·34	16	
9·7	163	28	16	5·8	0·35	17	
8·5	135	26	16	5·1	0·32	17·1	
7·9	125	26	16	4·8	0·32	19	Ende der Reizung.

Erklärung der Tafeln.

Taf. I. Abbildung der Stromaiche und des Stromwenders.

Die genauere Beschreibung der Figur siehe S. 7, 8, 9.

Taf. II. Abgebauste Aichungscurven während schwacher Vagusreizung aus dem Versuch vom 28. Juli.

Taf. III. Abgebauste Aichungscurven während kräftiger Vagusreizung aus dem Versuch vom 10. Mai.

Taf. IV. Abgebauste Aichungscurven vor, während und nach der Reizung des Halsmarkes aus dem Versuch vom 4. Juni.

Taf. V. Abgebauste Aichungscurven vor, während und nach der Reizung des Halsmarkes. — Während der Reizung des Halsmarkes war anfänglich die Vena cava inf. verstopft, dann offen. Versuch vom 1. Juli.

Ein mikrostroboskopischer Reizversuch.

Von

Professor Ernst von Fleischl,
Assistenten am Wiener physiologischen Institute.

Gerade vor zehn Jahren, im Mai 1875, veröffentlichte ich im „Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften“, zufolge einer Anregung, die ich durch eine Abhandlung des Hrn. Alexander Rollett empfangen hatte, einige Beobachtungen[1] über den Reizeffect elektrischer Ströme an Bewegungsorganen von Insekten. Ich brauche auf den Inhalt jener Mittheilung nicht näher einzugehen; sondern erwähne ihrer nur, um zu sagen, dass der hier zu besprechende Versuch im Zusammenhange mit jenen Beobachtungen gemacht wurde, und nebst manchen anderen Versuchen unbeschrieben geblieben ist, als vorläufig gewonnenes Material zu einer Physiologie der Insektenmusculatur, auf deren systematische Bearbeitung ich jedoch seither verzichten musste.

Einige Bemerkungen in dem soeben erschienenen, ersten Theile einer sehr inhaltreichen Abhandlung von Hrn. Alexander Rollett[2] veranlassen mich nun, den folgenden Versuch isolirt zu beschreiben, indem sie mich vermuthen lassen, dass Hr. Rollett ihn in irgend eine Beziehung zu seinen eigenen Beobachtungen oder Erfahrungen zu bringen wissen werde.

Bei der Beschaffenheit unserer Kenntnisse von den allgemeinen Eigenschaften der lebenden, dem Willensimpulse dienstpflichtigen Muskelfaser, war es wohl unvermeidlich, im Verlaufe einer, wie immer beschaffenen,

[1] Ernst von Fleischl, Ueber das Verhalten von Käfermuskeln gegen Reize. A. a. O. Nr. 29.

[2] Alexander Rollett, Untersuchungen über den Bau der quergestreiften Muskelfasern. I. Theil. *Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserl. Akademie der Wissenschaften.* Wien 1885. Bd. XLIX.

eingehenderen Ueberlegung über die mechanischen Bedingungen der Locomotion von Insekten, sich vor die Frage gestellt zu sehen, wie der Ton, den wir vernehmen, wenn ein Insekt nahe an unserem Ohre vorüberfliegt, der Ton also, der bei verschiedenen Arten von Insekten vom tiefen Brummen bis zu fast schmerzlich empfundener Höhe schwankt, in Rücksicht auf die Periode seiner Schwingungen, vereinbar sei mit der Eigenschaft aller bisher auf dieses Verhältniss untersuchten Muskeln, vermöge der Dauer ihrer Einzel-Contraction in einen dauernden und gleichmässigen Zustand der Verkürzung, in einen „Tetanus" zu verfallen, bei einer Anzahl von Einzelreizen in der Secunde, welche hinter der Schwingungszahl selbst der tiefsten Brummtöne fliegender Insekten weit zurückbleibt.

Nach meiner damaligen — und auch nach meiner heutigen — Einsicht, kann diese Erscheinung nur auf die eine oder auf die andere von folgenden beiden Erklärungsweisen zurückgeführt werden.

Es ist erstens denkbar, dass die physiologischen Eigenschaften der Flugmusculatur der Insekten keine wesentlich anderen sind, als die aller anderen Muskeln, und dass auch ihre Zuckungsdauer sich nicht sehr von der der anderen Muskeln unterscheidet; dass sie beim Fliegen des Insekts auch nicht öfter als etwa fünf Mal in einer Secunde zucken; dass aber ihr Angriffspunkt nicht die Flügelwurzel, oder ein durch starre Hebel mit dieser verbundener Punkt sei, sondern dass sie sich an ein elastisches Gebilde ansetzen, etwa an einen elastischen, am einen Ende fixirten Stab, welcher von den zuckenden Fliegmuskeln von Zeit zu Zeit, etwa fünf Mal in einer Sekunde „angerissen", und in elastische Schwingungen versetzt werde, die sich dann auf irgend eine Weise dem Flügel selbst mittheilen; und dass also die Höhe des Flugtones dem Eigentone des elastischen Stabes entspricht.

Und zweitens ist denkbar, dass die, schon prima facie von den übrigen Muskeln so verschiedenen Fliegmuskeln, nicht nur eine andere Farbe, Durchsichtigkeit, Consistenz, Bauart; sondern auch eine andere Zuckungsdauer haben, und zwar eine um so vieles kleinere, dass die Zusammendrängung jener Anzahl isolirter Zuckungen in eine Secunde möglich ist, welche der Höhe des beim Fliegen hörbar werdenden Tones entspricht.

Um diese Frage, die mir sehr interessant erschien, zu beantworten, stellte ich den folgenden Versuch an, dessen primitive Anordnung, und wenig exacte Ausführung von der Unvollkommenheit der Behelfe herrührte, die ich mir in das Gebirgsdorf mitgebracht hatte, in dem ich während der Herbstferien des Jahres 1875 lebte. — Meine ganze Ausrüstung bestand aus einem Mikroskop sammt Praeparirwerkzeug, und aus einer einfachen, etwa 8 Centimeter langen Drahtrolle, welche in ihrer Höhlung einen Eisenstab enthielt, über den ein Messingrohr mehr oder minder weit überge-

schoben werden konnte, behufs Variirung der Wirkung der Rolle auf den Stab, und seiner Rückwirkung auf die Rolle. Das eine Ende des Eisenstabes unterhielt das Spiel einer Unterbrechungs-Feder, und auf diese Weise lieferte ein ganz kleines Chromsäureelement Extraströme von einer für meinen Zweck völlig genügenden Stärke. — Ferner verfügte ich noch über Stanniol, feine Nadeln, Drähte, über ein Löthzeug, und ein Universalstativ, und über einige andere der Erwähnung nicht werthe Hülfsmittel.

Von den Thieren, an denen die Versuche angestellt wurden, kann ich nur sagen, dass sich unter ihnen unser gewöhnlicher Schwimmkäfer (Hydrophilus piceus), dann eine Species der Gattung Aeschna, welche ich nicht näher bestimmt habe, und endlich eine von mir nicht bestimmte Heuschreckenart befunden haben. — Jeder Versuch wurde damit eingeleitet, dass dem lebenden Insekt die Flügelmusculatur der einen Seite sammt den angrenzenden Weichtheilen entnommen wurde, und nun an solchen Objecten versucht wurde, durch zartes Praepariren mit Nadeln und feinsten Scheeren, einen zur Flugmusculatur hinziehenden Nerven in einer Strecke von mindestens einem Millimeter zu isoliren, und zwar immer an neuen Objecten immer wieder von vorne versucht wurde, so lange, bis es endlich einmal gelang. Oft musste ich viele frisch eingefangene Thiere opfern, ehe ich einmal rasch genug nach Beginn der Praeparation zu meinem Ziele gelangte: denn die Zeit, die nach dem Tode des Thieres verstreicht, spielt bei diesem Versuche eine wichtige Rolle. Hatte ich nun binnen erlaubter Frist ein Nervenstämmchen so weit zugerichtet, dass sich ein Erfolg mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit voraussehen liess, insofern kein noch so leiser Druck oder Zug — den diese Nerven erfahrungsgemäss nie ohne schwere Schädigung erleiden — bei der Praeparation stattgefunden hatte: dann — aber auch nur dann — wurde der zweite, und viel schwierigere Theil der Vorbereitung begonnen. Es verlohnt sich nicht der Mühe, eine so subtile, und selten gelingende Arbeit, wie die nun folgende, an ein irgend zweifelhaftes Object zu wenden. Denn nun hat Folgendes zu geschehen. Es sind einzelne Längselemente der vom praeparirten Nerven versorgten Flugmusculatur mit solcher Schonung zu isoliren, dass weder das eine noch das andere der beiden Gewebe im mindesten beschädigt wird. Dann sind zwei je ein Millimeter breite Stanniolstreifen, welche mit einem, bei Zimmertemperatur flüssigen Vaselin auf dem Objectträger verschiebbar angeklebt sind, mit ihren scharf zugespitzten Enden an zwei Punkte der isolirten Strecke des Nerven anzulagern, so dass sie ihn daselbst sicher berühren. Diese beiden Streifen sind jeder etwa 3 ^{cm} lang; sie werden auf dem Objectträger, auf dem die ganze Praeparation von Statten geht, und von dem sie durch das Vaselin elektrisch isolirt sind, nunmehr durch einige Tropfen geschmolzenen Klebwachses in ihrer Stellung fixirt, und mit den frei über den Rand des Objectträgers

hinausragenden Enden in leitenden Contact mit zwei anderen, von vornherein auf dieser Platte befestigten Stanniolstreifen gesetzt, welche nun ihrerseits in Verbindung stehen mit den Polen des Inductionsapparates.

Da eine eingehende Darstellung meiner, an dieser Art von Muskeln gewonnenen histologischen und physiologischen Erfahrungen — mit Rücksicht auf deren unfertigen und vielfach fragwürdigen Zustand — nicht in meiner Absicht liegt; sondern diese nur auf die Mittheilung eines bestimmten, mehrmals mit gleichem Erfolge wiederholten und eindeutigen Versuches beschränkt ist: so kann ich hier auf eine Motivirung der von mir gewählten, oben geschilderten Versuchsanordnung nicht eingehen.

Ich habe also nur noch zu berichten, dass ich die Objectplatte mit dem in angegebener Weise zugerichteten Praeparate auf den Tisch des, mit ganz mässiger Vergrösserung versehenen Mikroskopes brachte, und daselbst fixirte. Da ich nun bei den ersten gelungenen derartigen Versuchen in dem Augenblick, in welchem die allmählich verstärkten Ströme den Nerven zu erregen begannen, das deutliche Bild jener Muskelfasern, die hierauf überhaupt reagirten, und hinreichend isolirt worden waren, um ein sicheres Urtheil hierüber zu ermöglichen, aus dem Auge verloren, und statt seiner ein ganz verwaschenes, undeutlich umrissenes Bild erblickt hatte; so fügte ich der Anordnung noch eine, aus geschwärztem Cartonpapier improvisirte stroboskopische Scheibe zu, welche sich in einer Horizontalebene dicht über dem Ocular des Mikroskopes so drehen liess, dass das Bild durch die Radialspalten intermittirend sichtbar wurde. Freilich fehlte es mir dort an jedem Mittel zur genauen Bestimmung der Perioden, sowohl des elektrischen Reizes, als auch der optischen Intermissionen; aber da es mir einigemale ganz unzweifelhaft gelungen ist, die verwaschenen Bilder der vom Nerven aus tetanisirten Muskelfasern durch die stroboskopische Scheibe in die Bilder von ganz langsam sich verkürzenden, und wieder erschlaffenden Fasern zu verwandeln, so habe ich meinen Versuch im Ganzen für gelungen gehalten. Ich konnte durch die Scheibe sogar die Verkürzung und Verschiebung der einzelnen, in der Längsrichtung aufeinanderfolgenden Faserelemente beobachten, und es trat natürlich auch die Abhängigkeit des besonderen Anblickes der Erscheinung von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe deutlich hervor. Ich habe dann nachträglich die Anzahl der Einzelreize, welche ich meinen Praeparaten bei diesen Versuchen applicirte, festzustellen gesucht, und diese zu etwa 50—80 in der Secunde gefunden, in Uebereinstimmung mit der rohen Schätzung, die ich gleich zur Zeit der Versuche aus dem Tone der Unterbrechungsfeder gemacht hatte. Dass der geschilderte Versuch nur gelingen kann, wenn die Muskelfasern in ganz bestimmten Verhältnissen sich befinden, also vor Allem hinreichend beweglich sind, in Folge genügender Befeuchtung; dann aber auch einigermaassen gespannt

sind, also durch günstige Lagerung mit einiger Kraft in ihre gestreckte Lage zurückgeführt werden, versteht sich von selbst.

Nachdem so die Frage, welche ich mir gestellt hatte, im Wesen beantwortet war, erschien mir eine andere, als die getroffene Entscheidung kaum mehr möglich. In der That ist es sehr schwer, sich vorzustellen, dass durch einmalige Muskelwirkung einem elastischen Gebilde eine hinreichende Spannung gegeben werde, um diesem während der ersten zehn bis zwanzig Schwingungen ohne merkliche Einbusse an Amplitude so erhebliche Abgaben von lebendiger Kraft zu gestatten, wie sie unbedingt erforderlich sind, wenn die complicirte Form der Flügelbewegung (ein Resultat der eigenthümlichen Configuration der betreffenden Gelenke) unter den gegebenen Verhältnissen auf diese Weise erklärt werden soll. Sind wir doch schon bei der Annahme, dass zu jedem Flügelschlage eines schwebenden Insektes eine Contraction der Fliegmuskeln gehöre als Ursache der Bewegung und Quelle der Kraft, zu Vorstellungen über das Verhältniss der Masse zur Leistung der Muskeln gedrängt, welche wir uns sonst nicht zu bilden pflegen, und welche — in Verbindung mit dem Gedanken an die Häufigkeit und Dauer der Leistung — den Insektenflug als ein Wunder im Wunder demjenigen erscheinen lassen, der von der Erstaunlichkeit der thierischen Bewegung überhaupt durchdrungen ist.

Ueber einige Wirkungen des Xanthins, des Caffeïns und mehrerer mit ihnen verwandter Körper.

Von

Prof. Dr. Wilhelm Filehne
in Erlangen.

Durch die Untersuchungen Emil Fischer's[1] ist die chemische Constitution des Caffeïns, Theobromins und des Xanthins, sowie einer nicht unbeträchtlichen Zahl von Derivaten derselben klargestellt worden. Hr. E. Fischer hatte die Freundlichkeit, mir die Körper dieser Reihe zur Verfügung zu stellen, um in einer pharmakologischen Untersuchung einen etwaigen Zusammenhang zwischen der chemischen Constitution und den physiologischen Wirkungen der Substanzen zu ermitteln.

Es waren wohl besonders zwei Wirkungen des Caffeïns, auf deren etwaiges Vorhandensein, Modificirtwerden und Verschwinden bei chemischer Wandlung seines Moleculs geachtet werden musste: erstens die Veränderung der Muskelsubstanz und zweitens die Functionsstörungen des Centralnervensystems.

Während die früheren Beobachter die tetanisirende Wirkung des Caffeïns auch bei Fröschen betonten, haben bekanntlich Voit, Pratt und Johannsen gefunden, dass bei Fröschen subcutan applicirtes Caffeïn eine vom Nervensystem unabhängige Muskelstarre verursacht, bei welcher die Muskeln unerregbar und trübe werden. Johannsen leugnete die tetanisirende Wirkung des Caffeïns bei Fröschen.

Ohne diese Starre zu constatiren, sahen bei Fröschen dann Buchheim und Eisenmenger nach Caffeïn den Ablauf der durch einmalige Reizung verursachten Muskelzuckung verzögert, und zwar betraf diese Verzögerung besonders den absteigenden Theil der Curve (die Zeit der Wiederausdehnung). Ein ganz gleiches Verhalten der Muskelzuckung sahen sie auch nach Anwendung von Theobromin. Aubert constatirte sowohl

[1] Liebig's Annalen. 1882. Bd. CCXV. S. 253; — *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* Jahrg. 14. S. 637 u. 1905; Jahrg. 15. S. 29 u. 453.

Starre als auch den Tetanus; die letztere Wirkung sei die ausgeprägtere. Schmiedeberg[1] zeigte, dass der Erfolg von der Wahl der Froschspecies abhänge, indem nur Rana temporaria die Muskelstarre prompt aufweist, während Rana esculenta die von den meisten übrigen Autoren betonten, vom Centralnervensystem abhängigen Krampferscheinungen darbieten. Erst am zweiten oder dritten Tage gleichen sich diese Unterschiede insofern aus, als dann an Temporarien eine gesteigerte Reflexerregbarkeit, an Esculenten unverkennbar eine Steifigkeit der Muskeln auftritt, die aber niemals den Grad wie bei Temporaria erreicht[2]. Johannsen und sein Lehrer Schmiedeberg setzten die durch Caffeïn bewirkte Muskelveränderung bei Temporaria mit Recht der Wärme- bez. Todtenstarre an die Seite. Diese Auffassung wird bestätigt und das Verständniss der Erscheinung erweitert durch die neuerdings unter Alex. Schmidt angestellten Untersuchungen Klemptner's,[3] welcher in dem ausgepressten Muskelsafte von Temporaria eine stärkere Fibrinfermentbildung constatirte, wenn vorher der Muskel mittels Durchleitung einer Caffeïnlösung starr gemacht war. Bei der Analogie, die zwischen der Gerinnung des Blutes und der Gerinnung des Muskelplasma's bei der Erstarrung besteht, dürfte daher Caffeïn die Muskelstarre dadurch erzeugen, dass unter seinem Einflusse aus den Bestandtheilen des Muskelsaftes ein Gerinnung erregendes Ferment sich entwickelt und den Muskelsaft zur Gerinnung, Erstarrung, bringt.

Von einer prompt einsetzenden vollständigen Muskelerstarrung bei anderen Thieren als Rana temporaria (d. h. als Folge resorbirten Caffeïns am lebenden Thiere) findet sich in der Litteratur meines Wissens nichts. Nur Johannsen giebt eine Muskelsteifigkeit bei Katzen an, die auch bei curarisirten Thieren eintritt, — „eine so exquisite Starre dagegen, wie man sie bei Fröschen erhält, liess sich jedoch nie erzielen,“ — vielleicht, weil die Thiere unter den erforderlichen Dosen zu schnell sterben. Immerhin ist mit dieser Beobachtung Johannsen's die principielle Seite der Sache, dass nicht nur Temporariamuskeln vom Caffeïn in der Richtung nach der Erstarrung hin beeinflusst werden, meiner Meinung nach erledigt. Und wenn Rossbach und Harteneck[4] nach Einspritzung von 0·005 Caffeïn bei Kaninchen keine Muskelstarre, sondern nur eine Beschleunigung des Ermüdungsverlaufes sahen, so kann dies entweder an der Geringfügigkeit

---

[1] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* Bd. II. S. 62.

[2] E. Leblond (*Thèse.* Paris, 1883) leugnet den Unterschied für die beiden Species überhaupt; er scheint aber die bleibende Starre überall nicht gesehen zu haben und steht bezüglich eines Tetanus bei Temporarien mit seiner Angabe allein.

[3] Is. Klemptner, *Ueber die Wirkung des destillirten Wassers und des Caffeins auf die Muskeln und über die Ursache der Muskelstarre.* Inaug.-Diss. Dorpat 1883.

[4] Pflüger's Archiv. Bd. XV. S. 11.

der Gabe liegen, — oder es könnte zwischen der Musculatur des Kaninchens und der der Katze ein ähnlicher Unterschied bestehen, wie zwischen Rana esculenta und temporaria. In einer Arbeit über die „Kaffeebestandtheile“ theilt Binz[1] Caffeïn-Versuche an Hunden mit und erwähnt dort ganz besonders die Steifigkeit der Musculatur; aber ihm gilt — wie ich glaube, nicht mit Recht — als Ursache dieser Rigidität der Muskeln „der chemische Reiz des Caffeïns auf die motorischen Centren der Medulla oder des Gehirns“ — mit anderen Worten: Binz sieht in jener Rigidität einen durch centrale Innervation bedingten Tetanus. Ob diese Steifigkeit nicht aber nach Durchschneidung der betreffenden motorischen Nerven und nach Curarisirung auch zu Stande gekommen wäre, hat Binz weder erwiesen noch festgestellt, und jedenfalls sind wir berechtigt, in der von ihm beschriebenen Muskelsteifigkeit eine der Wärme- und Todtenstarre gleichwerthige Erstarrung leichteren Grades zu vermuthen, welche einer Restitution fähig war. Die an die besprochene Thatsache von Binz angeschlossenen Erwägungen über den Causalnexus zwischen dieser Steifigkeit und der von ihm beobachteten Temperatur-Erhöhung der Hunde bleiben dagegen durchaus zu Recht bestehen, — da (analog der Todtenstarre-Entwicklung) auch nach Caffeïn die Erstarrung Wärme frei machen muss. Es dürften daher auch die Muskeln des Hundes vom Caffeïn in der Richtung einer Starreentwickelung beeinflusst werden. Unterstützt wird diese Vermuthung durch die experimentellen Ergebnisse einer unter Al. Schmidt von E. Kügler[2] angestellten Untersuchung, nach welcher die Spaltungen im Protoplasma des Hundemuskels, soweit auf ihnen die Entwickelung von Fibrinferment beruht, durch Caffeïn gesteigert werden. Denn der Muskelsaft eines mit Caffeïn durchspülten und dadurch starr gemachten Hundemuskels brachte ein gerinnungsfähiges Plasma schneller zum Gerinnen, als der Saft eines spontan erstarrten (todtenstarren) Muskels. Und schon die blosse Thatsache, dass der Hundemuskel in Folge von Durchspülung mit einer caffeïnhaltigen Flüssigkeit erstarrt, erledigt die uns interessirende Frage.

Auf den etwaigen Eintritt dieser, jedenfalls bei Temporaria durch Caffeïn leicht zu erzielenden Starre war daher bei allen dem Caffeïn näher stehenden Substanzen zu achten.

In analoger Weise war die andere Wirkung des Caffeïns, wie sie sich bei Rana esculenta und bei den Säugethieren zeigt — nämlich die Steigerung der Reflexerregbarkeit, die Irradiation der Reflexe und das Auftreten von (reflectorischen) Streckkrämpfen — auf ihr etwaiges Erscheinen nach Einverleibung der anderen Stoffe der Caffeïn-Xanthin-Gruppe eventuell zu constatiren.

---

[1] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* Bd. IX. S. 33.

[2] Ernst Kügler, Ueber die Starre des Säugethiermuskels. *Inaug.-Dissert.* Dorpat 1883.

I. Hauptgruppe: Caffeïn, Theobromin, Xanthin.

Durch E. Fischer ist die Constitution des Xanthins ermittelt und wird durch folgendes Schema veranschaulicht:

```
(a)  HN—CH
       |   ||
      CO  C—N—H  (c)
       |   |   >CO
(b)  HN—C═N
```

Wenn die drei mit (a), (b) und (c) bezeichneten (je an einem Atom N befindlicher) Atome H sämmtlich durch CH_3 ersetzt werden, so entsteht das Caffeïn; bleibt dagegen das mit (b) bezeichnete Atom H an seiner Stelle und werden nur (a) und (c) durch CH_3 ersetzt, so haben wir das Theobromin, die Base des Cacao's.

1. Caffeïn (= Trimethylxanthin).

```
CH3N—CH
     |   ||
    CO  C—N.CH3
     |   |   >CO
CH3N—C═N
```

Nach meinen Versuchen genügen bei (Frühjahrs-) Esculenten von 20—25 $^{\rm grm}$ Gewicht 7 $^{\rm mgr}$ Caffeïn in Wasser gelöst, subcutan applicirt, um eine Reflex-Uebererregbarkeit mit Irradiation der Reflexe zu erzeugen. 12 $^{\rm mgrm}$ rufen sehr bald anhaltenden Tetanus hervor, von welchem sich die Thiere nach Ablauf von 4 bis 6 Stunden erholen können, während die Reflexerregbarkeit noch mehrere Tage (bis zu einer Woche und darüber) gesteigert bleibt und nur allmählich zur Norm zurückkehrt. Wie sich dies nach den heftigen Krampfanfällen von selbst versteht, ist dann später das Thier trotz seiner Reflexübererregbarkeit zunächst kraftlos und elend. Das Leben wird erst bei Gaben von mehr als $1^0/_{00}$ des Körpergewichts gefährdet.

Um zu sehen, ob die Musculatur von Esculenta sich wesentlich von der der Temporaria verschieden gegenüber dem Caffeïn verhält, habe ich Esculenten mit grossen Dosen Caffeïn (0·05 bis 0·15) vom Magen aus vergiftet. Als Beispiel diene folgendes Protocoll:

6. Mai 1882. Esculenta von 32·5 $^{\rm grm}$ Gewicht.

11 $^{\rm h}$ 10′ 0·15 Caffeïn (in Wasser gelöst) in den Magen gespritzt.

11 $^{\rm h}$ 12′ sitzt still, mit gestreckten, steifen aber noch activ beweglichen vorderen Extremitäten.

11 $^{\rm h}$ 15′ Arme ganz steif, unbeweglich; — mässige Erhöhung der allgemeinen Reflexerregbarkeit. Krummer, steifer, aber noch beweglicher Rücken.

$11^h 20'$ Auf Reizung kurzes, unvollständiges Ausschlagen mit den hinteren Extremitäten, sonst Status idem.

$11^h 25'$ Auch die Becken-Oberschenkel-Musculatur wird steif, hat aber noch Motilität, Unterschenkel und Füsse dagegen noch normal. Von der Haut der todtenstarren Arme prompte Reflexe auf die Unterextremitäten.

$11^h 28'$ Becken-Oberschenkel-Musculatur völlig steif; nur noch Spur von Motilität, Oberschenkel zur Längsachse rechtwinklig abducirt; Unterschenkel beginnen ebenfalls steif zu werden.

$11^h 32'$ Die hinteren Extremitäten fast ganz ausgestreckt, ziemlich steif; aber Motilität noch einigermaassen erhalten. Von Zeit zu Zeit ein eine Secunde dauernder tetanischer Streckstoss (namentlich auf Berührung).

$11^h 34'$ Die Streckstösse werden häufiger und dauern bis zu 3 Secunden.

$11^h 35'$ Tetanus von 5—10 Secunden, der die Beine steifer als zuvor zurücklässt; kann reflectorisch wieder provocirt werden: hierbei nimmt die Starre so schnell und so intensiv zu, dass die Unterscheidung zwischen Starre und Tetanus schwierig wird, hierzu war noch das Flimmern der Muskelfasern beim Tetanus benutzbar.

$11^h 40'$ Das Flimmern auf sensible Reizung hat aufgehört; Durchschneidung des (r.) Ischiadicus giebt ganz schwache Zuckung in dem steifen Beine. Die Steifigkeit bleibt nach der Durchschneidung fortbestehen. Muskeln freigelegt erscheinen todtenstarr.

$11^h 50'$ Herz freigelegt, steht in Diastole still; auf Erwärmen (Anhauchen) sich mehrfach rhythmisch contrahirend.

$11^h 55'$ Auf mildes Erwärmen reagirt das Herz nicht mehr, wohl aber auf mechanische Reizung sowohl des Vorhofs als des Ventrikels.

Wir sehen also, dass auch bei Esculenta eine prompt eintretende und sehr schnell zum Maximum sich entwickelnde (Todten-) Starre der Muskeln durch Caffeïn erzeugt wird; nur muss man grössere Dosen als bei Temporaria nehmen. Wir sehen ferner, dass unter diesen Umständen das sonst bei Esculenta so vorherrschende Bild des Tetanus in den Hintergrund gedrängt wird, ohne aber völlig zu verschwinden. Demnach ist ein principieller Gegensatz zwischen dem Verhalten der Muskeln von Temporaria und Esculenta nicht zu statuiren; vielmehr handelt es sich nur um einen graduellen Unterschied.

2. Theobromin (= Dimethylxanthin).

```
CH3N—CH
    |    |
    CO  C—N.CH3
    |    |     >CO
   HN—C=N
```

Ueber die Wirkung des Theobromins liegen keine neueren Untersuchungen vor. (Mitscherlich[1] giebt an, dass qualitativ die Wirkung des Theobromins der des Caffeïns nahestehend sei und dass ein Gran (= 0·06 grm) die für einen Frosch tödtliche Dosis sei, — er kannte aber vom Caffeïn die Muskelwirkung noch nicht). In meinen Versuchen traten bei Esculenten von 35 mgr Gewicht nach subcutaner Application von 7 mgr (mit Natr. q. s. gelöst) nur verhältnissmässig unbedeutende Erscheinungen ein: die Bewegungen wurden schwerfälliger und bekamen etwas Krötenartiges. Da sich nach 4 Stunden hierin nichts änderte, erhielt das Thier noch 5 mgr, worauf willkürliche Bewegungen und Reflexe mehr und mehr abnahmen, die Muskelactionen plumper, ungeschickt und in ihrem Ablauf verzögert erschienen, — und unter zunehmender, offenbar im Wesentlichen centraler Lähmung (Nerven und Muskeln gaben noch auf schwache faradische Reizung die von Buchheim und Eisenmenger geschilderte träge Reaction) trat der Tod nach 18 Stunden ein. Die Todtenstarre zeigte sich bald und war stark ausgeprägt. Anders gestaltet sich das Bild, wenn gleich von vorn herein solche Dosen gegeben werden, wie wir sie vom Caffeïn bei Fröschen (Gewicht 30 bis 40 grm) zu geben pflegen, wenn wir bei Esculenten wohlcharakterisirte reflectorische Streckkrämpfe, bei Temporaria ausgesprochene Starre erzielen wollen. Alsdann, also bei Gaben von 15, 30 bis 50 mgr, ruft Theobromin — im Gegensatze zu Caffeïn — bei Esculenten folgende Erscheinungen hervor: Je nach der relativen Gabengrösse tritt nach 45, 30 oder 15 Minuten eine ziemlich schnell sich entwickelnde Erstarrung der gesammten Körpermusculatur unter allmählicher Streckung des ganzen Thieres auf. Es mag Zufall sein, dass in meinen Versuchen (an Sommerfröschen) bei den Esculenten fast immer die hinteren Extremitäten früher befallen und früher vollständig erstarrt waren, als die vorderen, während — wie alsbald zu erwähnen sein wird, die Temporarien (ganz wie nach Caffeïn) zuerst an den vorderen Extremitäten erstarrten, dann an der Becken-Oberschenkel-Musculatur und zuletzt am Unterschenkel. (Um die locale Wirkung des Theobromins auf die Muskeln zu vermeiden, applicirte ich das Gift meistens nicht subcutan, sondern durch Einspritzung in den Magen). Wenn die Esculenta vollständig steif geworden ist, so hat selbst nach sehr grossen Gaben (z. B. 60 mgr) die Herzmusculatur zunächst noch in keiner Weise gelitten und das Herz schlägt gut und kräftig. Die Starre der Körpermusculatur tritt übrigens (gerade wie nach Caffeïn bei Temporaria) auch an solchen Muskeln auf, deren Nerv durchschnitten ist und auch an curarisirten Thieren, — nicht aber an Gliedern deren Arterie ligirt ist.

Eine gröber sich markirende Steigerung der Reflexerregbarkeit oder

---

[1] A. Mitscherlich, *Der Cacao und die Chocolade.* Berlin 1859. S. 88.

gar an reflectorische Streckkrämpfe herangehende Erscheinungen vor Eintritt der Starre oder an Gliedern mit unterbundener Arterie sah ich nach Theobromin bei Esculenta nicht; — ob nicht eine durch feinere Hülfsmittel nachweisbare Steigerung der Reflexerregbarkeit durch kleinere Dosen als allererste Wirkung nachweisbar sein möchte, lasse ich dahingestellt; es wollte mir allerdings erscheinen, als wären die Thiere in der ersten Zeit der Einwirkung, d. h. bevor die ersten Zeichen der Muskelwirkung sich zeigten, gegen mechanische Berührung sehr empfindlich; kurz bevor aber die Muskelstarre einsetzt ist jedenfalls die Reflexempfindlichkeit der Esculenten sinnfällig vermindert.

Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich mehrerlei. Zunächst sehen wir, dass die letale Dosis vom Theobromin für Rana esculenta niedriger ist, als vom Caffeïn. Auf ein Mal gegeben reichen 15 ^{mgrm} bei mittelgrossen Esculenten hin um den Tod herbeizuführen (ca. $^1/_2{}^0/_{00}$ des Körpergewichts). Sodann sehen wir, dass das Theobromin bei Esculenta schon in so kleinen Gaben eine Muskelerstarrung verursacht, wie sie vom Caffeïn nur bei Temporaria, nicht aber bei Esculenta erzeugt wird. Da aber sehr grosse Gaben Caffeïn (0·05 bis 0·15) diese Muskelstarre auch bei Esculenta bewirken, so handelt es sich also nur um eine graduelle Verschiedenheit zwischen den Wirkungen der beiden Basen. Der Fortfall der einen Methylgruppe aus dem Molecüle des Caffeïns hat die muskelerstarrende Einwirkung verstärkt.

Bei Theobromin, wie beim Caffeïn ist der Eintritt der Muskelerstarrung unabhängig vom Nervensystem; dagegen kann ihr Eintritt bei intactem Nerveneinflusse verhütet werden, wenn dem Gifte der Zutritt zum Muskel durch Arterienligatur verwehrt wird. Hat man nun eine Iliaca unterbunden und dann die Vergiftung durch Darreichung wiederholter kleiner Gaben Theobromin mit mehrstündigen Intervallen so eingerichtet, dass das Thier keine volle Muskelstarre, sondern nur die plumpen, krötenartigen Bewegungen zeigt, so sieht man das durch die Unterbindung gestützte Bein normale Bewegungen machen; und wenn man jetzt auf beiden Seiten das Nerv-Muskelpraeparat mittels einzelner Inductionsschläge reizt, so giebt die geschützte Seite sogen. „blitzartige“ d. h. sehr schnell ablaufende, normale Zuckungen, während die vergiftete Seite eine träge, und schliesslich nicht vollständig sich abgleichende Contraction darbietet.

Ferner wird auch ein entbluteter Muskel durch Theobromin (Eintauchen, Durchspritzen, Einspritzen) starr; es handelt sich also auch bei dieser Substanz wie beim Caffeïn um eine directe, gerinnungveranlassende Wirkung auf die Muskelflüssigkeit und die trägen, steifen, krötenartigen Bewegungen stellen die niederste Stufe der Muskelgerinnung dar.

Temporarien sind auch dem Theobromin gegenüber — eben so wie

gegen Caffeïn — mehr zur Muskelerstarrung geneigt als Esculenten. Temporarien von 30—40 grm Gewicht zeigen schon 10 Minuten nach Einverleibung von 10—15 mgr Theobromin (mit Natron gelöst) beginnende Erstarrung und zwar meist zunächst an den Armen.

Bei den Temporarien nimmt — auch an einem Beine, dessen Iliaca unterbunden ist — von vornherein die Reflexerregbarkeit sichtlich ab und erlischt schliesslich gänzlich und auch functionsfähige (vor Giftzutritt geschützte) Glieder geben keine Reflexbewegungen mehr. Auch die spontanen Bewegungen und jegliche Innervation der Körpermuskeln erlischt. Es findet also eine prompte centrale Lähmung statt. Nur die Augen (Muskeln und Reflexcentren) bleiben auffallend lange unbetheiligt; der reflectorische Lidschluss erhält sich ungemein lange. Da nach $^1/_2{}^0/_{00}$ des Körpergewichts bei Temporaria das Herz in Diastole, gelähmt, schliesslich stehen bleibt, so erklärt sich eine etwas paradoxe, von mir beobachtete Thatsache: es kommt nämlich öfters vor, dass zuerst die Arme völlig, dann die Oberschenkel fast vollständig erstarren, dass dann aber die Unterschenkel normal weich und erregbar bis in den Tod des Thieres bleiben. Der Stillstand des Herzens, der Stillstand der Circulation unterbricht offenbar die weitere Vergiftung des Thierorganismus. — Schmiedeberg und ihm folgend mehrere Autoren sind geneigt, das Ausbleiben von Reflexkrämpfen bei Temporaria nach Caffeïn-Vergiftung dadurch zu erklären, dass das Caffeïn bei Temporaria von den Muskeln festgehalten werde und desshalb das Rückenmark nicht erreiche, während das Caffeïn bei Esculenta zu denselben frei gelangen könne und Tetanus u. s. w. erzeuge. Die prompte primäre Lähmung des Rückenmarkes der Temporaria durch Theobromin, welches auf die Muskeln dieses Thieres ganz wie Caffeïn wirkt, veranlasste mich zu Versuchen über das Verhalten des Rückenmarkes der Temporarien gegen Caffeïn. Obschon diese Versuche eigentlich in den vorhergehenden Abschnitt gehörten, wollte ich des inneren Zusammenhanges wegen erst hier über sie berichten. Auch nach Caffeïn — ebenso wie nach Theobromin und sonstigen Körpern unserer Gruppe, welche Muskelstarre erzeugen — tritt an Temporaria eine nachweisbare primäre Rückenmarkslähmung ein. Hiermit ist bewiesen, dass das Rückenmark dieser Thiere vom Caffeïn u. s. w. erreicht wird. Der Nachweis dieser Lähmung ist einfach. Eine Iliaca wird unterbunden; dann wird Caffeïn u. s. w. in eben zur Muskelstarre sonst hinreichender Menge (oder auch etwa $^1/_3$ weniger) injicirt; nach 15 Minuten tritt Lähmung der geschützten Extremitäten auf. Die Annahme, dass das Rückenmark von dem Gifte nicht erreicht wird, erscheint mir von jetzt an also unzulässig, nachdem sich gezeigt hat, dass das Gift Wirkungen am Rückenmarke entfalte. Wenn aber diese Rückenmarkswirkungen des Caffeïns bei Temporaria andere sind als bei Esculenta, so muss auch der dieser Wirkung

zu Grunde liegende chemische Process bei den beiden Specien sich irgendwie verschieden gestalten. Nun sehen wir ein vollständiges Parallelgehen zwischen der Muskelsaftgerinnung-erzeugenden Wirkung einerseits und der Reflexlähmung andererseits: das Theobromin wirkt bei Temporarien stärker muskelerstarrend als das Caffeïn und dem zur Seite wirkt es auch, wie mir vergleichende Versuche zeigten, stärker lähmend auf das Rückenmark der Temporaria als das Caffeïn. Caffeïn ferner wirkt auf Temporaria stärker muskelerstarrend als Theobromin auf Esculenta; dem zur Seite sehen wir Caffeïn auf Temporaria stark reflexlähmend wirksam, während Theobromin weniger und erst später ausgesprochen lähmend das Rückenmark der Esculenta beeinflusst. Theobromin endlich lässt bei Esculenta viel leichter die Muskeln erstarren als Caffeïn, und dementsprechend sehen wir an Esculenten durch Theobromin jene enorme nach Caffeïn auftretende Reflexerregbarkeitssteigerung und die Reflexkrämpfe nicht zu Stande kommen, — ja es bleibt sogar noch zweifelhaft, ob der schliesslich zu beobachtenden Rückenmarkslähmung der Esculenten nach Theobromin überhaupt eine Steigerung der Reflexempfindlichkeit vorhergeht. Analoges werden wir noch über andere Körper dieser Gruppen zu berichten haben. Was liegt da näher, als die Proportionalität, welche einerseits zwischen der das Rückenmark lähmenden Kraft dieser Körper bei den verschiedenen Specien und andererseits der muskelerstarrenden Wirkung sich überall zeigt, für den Ausdruck einer analogen chemischen Beeinflussung der beiden Gewebe (Muskeln und Ganglien) anzusehen, — ich sage nicht „einer gleichen Beeinflussung.“ Ohne uns indess auf Hypothesen einlassen zu wollen, dürfen wir jedenfalls die Regel aufstellen, dass je empfindlicher das Muskelprotoplasma einer Species gegen einen Körper unsrer Gruppe ist, um so empfindlicher ist auch die Gangliensubstanz dieser Species gegen die lähmende Wirkung des betreffenden Körpers. Neben dieser Regel bleibt es eine Frage für sich, warum im Falle schwächster chemischer Verwandtschaft, wie zwischen Caffeïn und dem Protoplasma der Esculenta, gerade die der Reflexausbreitung entgegenstehenden Widerstände und die reflexhemmenden Apparate früher gelähmt werden als die reflexvermittelnden.

Es verdient betont zu werden, dass der Herzmuskel sowohl bei Esculenta als auch bei Temporaria viel widerstandsfähiger gegen die Erstarrung provocirende Kraft des Caffeïns und des Theobromins ist, als die übrige (Körper-) Musculatur, — denn bei völlig erstarrten übrigen Körpermuskeln vollzieht der Herzmuskel noch in prompter Weise Systole und Diastole. Desgleichen zeigen sich die Herzganglien, bez. das bewegende Agens des Herzens viel widerstandsfähiger gegen die genannten beiden Substanzen, als das Rückenmark. Aber auch hier zeigt sich die oben aufgestellte Regel giltig — am leichtesten kommt es zu diastolischem Stillstande (Lähmung)

bei Temporaria durch Theobromin, weniger leicht durch Caffeïn bei Temporaria, noch weniger leicht durch Theobromin bei Esculenta und am schwersten (erst durch sehr grosse Gaben) durch Caffeïn bei Esculenta.

3. Xanthin.

Wir haben gesehen, in welcher Weise einige am meisten in die Augen springenden Wirkungen des Caffeïns sich ändern, wenn im Molecüle Caffeïn statt der einen Methylgruppe ein Atom H eintritt d. h. wenn aus den Trimethylxanthin (Caffeïn) Dimethylxanthin (Theobromin) wird. Es musste jetzt interessant erscheinen auch die Wirkungen desjenigen Körpers zu beobachten, welcher entsteht, wenn auch die beiden übrigen Methylgruppen durch H ersetzt werden — d. h. die Wirkungen des Xanthins kennen zu lernen. (Ein Monomethylxanthin ist nicht bekannt).

Das Xanthin ruft nun die Abweichungen von der Caffeïnwirkung, welche wir beim Theobromin kennen gelernt haben, in noch ausgesprochener und radicalerer Weise hervor, so dass der chemischen Reihe Caffeïn — Theobromin — Xanthin auch eine pharmakologische Reihe ihrer Wirkungen entspricht. Die Rückenmarkslähmung und die Muskelerstarrung ist bei Fröschen nach Xanthin noch ausgesprochener als nach Theobromin. Nicht, dass die erforderlichen Dosen wesentlich kleiner beim Xanthin als bei letzterem wären, aber bei gleichen Dosen sind die Wirkungen sinnfälliger. Auch hier ist Temporaria empfindlicher als Esculenta: 10 ^{mgr} (in Soda gelöst) bei Temporaria, 15 ^{mgr} bei Esculenta mittleren Gewichts (25—30 ^{grm}) genügen (subcutan) zur Herbeiführung des Todes; vorher haben die willkürliche und reflectorische Innervation auch der (durch vorgängige Arterienligatur) vor der Giftwirkung geschützten Extremitäten vollständig aufgehört und eine extreme Starre und Verkürzung der gesammten vergifteten Körpermusculatur sich entwickelt. War eine Iliaca unterbunden, so ist nach Xanthin an dieser geschützten Extremität, (diese wird nicht starr), die gradweise ohne jede vorgängige Steigerung der Reflexempfindlichkeit auftretende Abnahme der willkürlichen und reflectorischen Innervation auch bei Esculenta von vornherein grob in die Augen fallend, während nach Theobromin bei Esculenta Zweifel hierüber entstehen konnten. Bevor es noch nach Xanthin zur vollen Muskelerstarrung kommt (die an Temporarien in meinen Versuchen meistens die Arme, oft genug aber die Becken-Oberschenkel-Musculatur zuerst, an Esculenten meistens die Becken-Oberschenkel-Musculatur zuerst befiel), — im Stadium der trägen, krötenartigen Bewegungen springen die Umrisse der Muskeln ungemein plastisch durch die bedeckende Haut hervor. Die Starre auf ihrer Höhe ist eine fast holzharte, die verkürzende Kraft der Erstarrung eine verhältnissmässig grosse: wenn ein Plexus ischiadicus vorher durchschnitten

wurde und das zugehörige durch diesen Eingriff gelähmte Bein vor Eintritt der Xanthinwirkung in die normale Lage gebracht wird, so wird es auf einigermaassen glatter Unterlage bei Eintritt der Starre mit ziemlicher Kraft in halbe Streckung übergeführt. (Nebenbei sei bemerkt, dass bei kleinen und mittleren Gaben dasjenige Bein, dessen Nerven durchschnitten sind, etwas früher erstarrt als das normal innervirte; vermuthlich rührt dies von der Durchschneidung der vasomotorischen Fasern, von der hierdurch bedingten und makroskopisch schon erkennbaren vermehrten Blut- und daher auch vermehrten Giftzufuhr zu den Muskeln ab). Diese Erscheinungen an den Muskeln lassen sich alle ebenso prompt an curarisirten Fröschen (Esculenten und Temporarien) beobachten.

Bei nicht curarisirten Fröschen ist auch nach Xanthin die auffallende Beobachtung zu machen, dass nach vollständig entwickelter Starre der Körpermusculatur und Rückenmarkslähmung noch längere Zeit der Lidschlussreflex auf Berührung der Cornea intact verbleibt; es muss das wohl von einer Geringfügigkeit der normalen Blutversorgung der betreffenden Organe herrühren.

Während vom Caffeïn und auch vom Theobromin zu melden war, dass nach mittleren und selbst grösseren Dosen das Herz intact bleibt und namentlich eine Erstarrung des Herzmuskels zunächst ausbleibt, erzeugt Xanthin auch am Herzmuskel schon früh, zu einer Zeit da das bewegende Agens des Herzens (bez. seine Ganglien) noch fungirt, bereits Zeichen von stellenweise auftretender Todtenstarre. Fleckweise, hier und da, in verschiedener Form und Ausdehnung erscheinen starre Buckel welche an dem Spiele von Systole und Diastole nicht theilnehmen; und verhältnissmässig leicht tritt vollständige Bewegungslosigkeit des Herzens ein mit meist höckriger Erstarrung, die erst später homogen wird. —

Was die Anfangswirkung der drei bisher besprochenen Substanzen auf das Froschherz betrifft, so habe ich nur gelegentliches Beobachtungsmaterial. Soviel ich gesehen habe, schien Caffeïn im Anfange bez. bei kleinen Dosen und zwar viel mehr bei Esculenta als bei Temporaria etwas erregend (d. h. vielleicht ein wenig beschleunigend und jedenfalls etwas verstärkend) auf den Herzschlag zu wirken, Theobromin kaum nennenswerth erregend bei Esculenta, gar nicht bei Temporaria und Xanthin, bei beiden Specien nicht erregend, sondern von vornherein lähmend. Auch hierin würden also diese Substanzen eine pharmakologische Reihe in dem besprochenen Sinne darstellen.

So sehen wir denn, wie mit der Anfügung von Methylgruppen an die Stickstoffatome des Xanthinmolecüls die muskelerstarrende und rückenmarklähmende Wirkung des Xanthins mehr und mehr abgeschwächt wird.

II. Derivate des Caffeïns.

(Hydroxy-Caffeïn, Diäthoxyhydroxy-Caffeïn, Aethoxy-Caffeïn).

1. Hydroxy-Caffeïn.

$$\begin{array}{llll} CH_3\,.\,N- & C\,.\,\mathbf{OH} & & \\ \quad\;\; | & \;\| & & \\ \quad CO & C-N\,.\,CH_3 & & \\ \quad\;\; | & \;| & \quad >CO & \\ CH_3N- & C=N & & \end{array}$$

Im Hydroxy-Caffeïn hat die (im Schema fett gedruckte) Gruppe OH das eine Atom H im Caffeïn ersetzt.

Zu meiner Verwunderung bewirkten Gaben von 10—50, ja selbst von 100 mgrm, also bis zum mehr als 5fachen derjenigen, welche, vom Caffeïn gegeben, energische Wirkungen erzeugen, keinerlei augenfällige Erscheinungen, weder bei Esculenta noch bei Temporaria. Die Substanz wurde mit Soda q. s. gelöst in die Lymphsäcke injicirt. Da die Resorptionsbedingungen für eine schwach alkalische Lösung in den Lymphsäcken die denkbar günstigsten sind, so musste geschlossen werden, dass durch die Einfügung der Hydroxylgruppe in das Caffeïn-Molecül die Wirkungen des Caffeïns verloren gegangen sind. Dies kann man a priori sich in zweierlei Weise vorstellen. Entweder hat die Substanz durch die Einfügung der Hydroxylgruppe ihre Reactionsfähigkeit, ihre chemische Einwirkung auf das thierische Protoplasma verloren —; dies ist eine Annahme die durch Analogien der pharmakologischen Erfahrung nicht gestützt ist, da wir im Gegentheil (ich erinnere an die Phenole, Dihydroxybenzole, das Trihydroxybenzol Pyrogallol, an die Beziehung von Kairolin und Kairin, welch' letzteres aus ersterem durch Einfügung einer Hydroxylgruppe entsteht u. a.) durch Einfügung einer Hydroxylgruppe die Reactionsfähigkeit der Substanzen im Organismus (ebenso wie ausserhalb) zunehmen sehen. Die zweite Vorstellung wäre, — und diese Annahme ist durch die angedeuteten Analogien unterstützt: — die Substanz ist durch die Einfügung der Hydroxylgruppe zersetzlicher geworden und der Organismus vermag sie leichter zu zerstören, zu oxydiren und bewahrt sich dadurch vor ihren principiell gleich gebliebenen giftigen Eigenschaften. Ist die letztere Annahme schon an sich plausibler als die erstere, so lässt sie sich auch experimentell auf ihre Plausibilität prüfen. Denn wenn sie richtig ist, so kann man erwarten, dass durch Vergrösserung der Gabe sich schliesslich eine der Caffeïnwirkung ähnliche erzwingen lassen wird. Dies ist in der That der Fall. Gaben von 0·2 grm geben an Temporarien und auch, wenn auch weniger leicht bei Esculenten die bekannte Muskelstarre. Bei Esculenten ist eine Steigerung der Reflexerregbarkeit und eine Irradiation der Reflexe ausgesprochen, — exquisiten Tetanus sah ich nicht.

Jedenfalls ist aber im Princip die Caffeïnwirkung durch das Hydroxy-Caffeïn in allerdings colossalen Dosen zu erreichen, was für die zweite Annahme zu sprechen geeignet ist.

2. Diaethoxy-Hydroxy-Caffeïn.

$$
\begin{array}{llll}
 & & & \mathbf{OC_2H_5} \\
CH_3\,.\,N & - & C & \lt\!\!-\; OH \\
 | & & | & \mathbf{OC_2H_5} \\
CO & & C & \lt\!\!-\; N-CH_3 \\
 | & & | & \quad > CO \\
CH_3\,.\,N & - & C & = N
\end{array}
$$

Durch Anlagerung von zwei Aethoxyl (im Schema fett gedruckt) (OC_2H_5) entsteht aus dem Hydroxy-Caffeïn das Diaethoxy-Hydroxy-Caffeïn.

Mit Natronlauge q. s. gelöst ist auch dieser Körper in Dosen bis zu 100 ^{mgrm} völlig unwirksam sowohl bei Esculenten wie bei Temporarien. Auch hier dürfte die Hydroxylgruppe die Handhabe sein, an welcher der Organismus die Substanz bezwingt. Die Wirkung noch grösserer Gaben habe ich nicht untersucht.

3. Aethoxy-Caffeïn.

$$
\begin{array}{llll}
CH_3\,.\,N & - & C & - \mathbf{OC_2H_5} \\
 | & & \| & \\
CO & & C & - N - CH_3 \\
 | & & | & \quad > CO \\
CH_3\,.\,N & - & C & = N
\end{array}
$$

Wird das Atom H in der Hydroxylgruppe des Hydroxy-Caffeïns durch ein Aethyl (C_2H_5) ersetzt, so entsteht das Aethoxy-Caffeïn.

Derartige Aetherverbindungen erweisen sich chemischer und so auch pharmakologischer Erfahrung nach als widerstandsfähig gegen die oxydirenden Einflüsse. Es war also von dieser Substanz nicht zu erwarten, dass sie vom Organismus leicht zerstört werden würde und gerade ihre etwaige Wirksamkeit oder Wirkungslosigkeit musste Anhaltspunkte dafür geben können, ob unsere Erklärung für die Wirkungslosigkeit der Hydroxyl-Derivate des Caffeïns annehmbar sei.

Die für pharmokologische Versuche, speciell für subcutane Injection ungünstigen Löslichkeitsverhältnisse dieser Substanz liessen es mich vorziehen, dieselben gepulvert und in Wasser suspendirt in den Magen zu spritzen. Da sie von verdünnter Salzsäure gelöst wird, so war die Resorption vom Magen aus prompt genug zu erwarten. Allerdings konnte von einer Gleichstellung der bez. Dosen mit denen der bisher besprochenen gut löslichen Körper, wegen der Verzögerung der Resorption, nicht mehr streng die Rede sein.

Bei mittelgrossen (25 bis 40^{grm}) Esculenten sieht man auf Gaben von 15 bis 30^{mgrm} nach 30 bis 10 Minuten eine eigenartige Betäubung auftreten. Sie springen zwar spontan herum, namentlich wenn sie gereizt werden, aber auf den Rücken gelegt, bleiben sie ohne Gegenwehr und ohne den Versuch zu machen, wieder in Normallage zu kommen, ruhig liegen. Die Athmung ist gut, Herzschlag sehr kräftig; die Pupillen sind erweitert, die Reflexe stark vermindert. Später, namentlich bei grösseren Dosen, geht der spontane Sprung, die normale Haltung mehr und mehr verloren; die Beine, wenn durch den Beobachter abgezogen, werden nicht mehr vollständig in die normale Haltung zurückgezogen; dabei nimmt zuweilen die Reflexthätigkeit wieder zu; es bildet sich eine Irradiation der Reflexe, seltener auch deutlicher reflectorischer Tetanus aus, aber er ist nie so ausgesprochen wie bei Caffeïn und oft kaum oder gar nicht angedeutet. Dann verschwindet schliesslich die Reflex-Irradiation; die Reflexe hören mehr und mehr auf und es entwickelt sich völlige Paralyse. Die Muskelbewegungen bekommen später etwas Verzögertes, Unsicheres, erfolgen zuletzt oft absatzweise. Wenn man vor der Vergiftung die eine Iliaca unterbindet, so zeigt das entsprechende Bein jene verzögerte, in Absätzen erfolgenden Bewegungen nicht, — diese sind also peripher bedingt; dagegen wird schliesslich das geschützte Bein ebensowenig angezogen und weder spontan noch reflectorisch innervirt, wie das vergiftete: diese Paralyse ist also central verursacht. Prüft man zu dieser Zeit durch Reizung der Nervenstämme die Musculatur auf ihre Contractilität, so bekommt man bei Reizung mit einzelnen Inductionsschlägen auf der vergifteten Seite erst bei grösserer Stromstärke eine Zuckung als auf der geschützten, und auf dieser ist der Ablauf der Zuckung normal, auf der vergifteten genau so träge, wie nach Caffeïnvergiftung.

Auch nach dem Eintritt völliger Paralyse des Centralnervensystems schlägt das Herz gut und kräftig und mit guter Füllung; angeschnittene Gefässe bluten wie in der Norm, — eine gröbere Beeinträchtigung der Circulation liegt also nicht vor.

Später, kurz vor oder nach dem Tode setzt die Starre ein. Bei dem im Wesentlichen analog wirkenden Methoxy-Caffeïn sah ich an Esculenten öfters die Starre der Hinterextremitäten völlig ausgebildet, während das Thier noch lebte und mittels der vorderen Extremitäten noch herum kroch. Vermuthlich wird dies auch nach Aethoxy-Caffeïn zuweilen vorkommen.

Bei Temporarien gestalten sich die Dinge folgendermaassen. In jedem Falle entwickelt sich, und dies um so schneller, je grösser die Gabe (zwischen $^1/_2$ Stunde und 5 Minuten), jener für die Exculenten beschriebene Zustand, in welchem die Thiere zwar spontan noch herumhüpfen, aber auf den Rücken gelegt, ruhig liegen bleiben; auch bei Temporarien werden die Pupillen in dieser Zeit und auch später sehr weit. Während aber bei

kleinen (0·01 grm) Gaben erst im Laufe von bis zu 6 Stunden und darüber sich eine Paralyse entwickelt, in der die Thiere sterben und dann auffallend schnell und ausgesprochen todtenstarr werden, entsteht diese vollständige Paralyse bei Gaben bis zu 30 mgr in 1 Stunde, nach Gaben bis zu 0·2 grm in 8 Minuten, und auch hier schliesst sich binnen Kurzen (1 bis 3 Stunden) eine ausgesprochene Starre aller Muskeln an, die an einem Beine ausbleibt (bez. erst viel später eintritt), dessen zuführende Arterie vor der Vergiftung unterbunden war.

Im Gegensatze aber zu der Caffeïnwirkung, erscheint bei Vergiftung mit Aethoxy-Caffeïn an Temporarien zunächst die Betäubung des Centralnervensystems, an die sich erst später eine der Caffeïn-Starre analoge Muskelerstarrung anschliesst. Auch bei Temporarien bleibt das Herz das Ultimum moriens.

Eine Irradiation der Reflexe oder gar Andeutungen von Tetanus wie bei Esculenta sind bei Temporaria nach Aethoxy-Caffeïn nicht zu beobachten, sondern nur Lähmung. Der Leser wird nicht ermangeln, diesen Unterschied zwischen der Wirkung bei Esculenten und Temporarien bei einem Stoffe, der bei beiden Specien zunächst nur auf das Nervensystem wirkt, und der ein Derivat des Caffeïns ist, zu jenen Beweismitteln zu stellen welche bereits oben dafür gegeben wurden, dass das Ausbleiben von Reflexkrämpfen bei Temporaria nach Caffeïnvergiftung nicht durch Festgehaltenwerden des Caffeïns in den Muskeln und Ferngehaltenwerden vom Rückenmark abgeleitet werden dürfe.

Auch bei dieser Substanz zeigt sich also die Musculatur der Temporaria mehr zu Gerinnung, zu Erstarrung geneigt, als die der Esculenta. Aber durch die Anfügung der Aethoxylgruppe ist die Verwandtschaft der Substanz zum Centralnervensystem wesentlich grösser, zur Muskelsubstanz etwas geringer geworden. Durch die Anfügung der Aethoxylgruppe ist ferner die Art der Einwirkung auf das Centralnervensystem modificirt worden; die Substanz ist narkotischer geworden. Eine gewisse Betäubung des Hirns offenbart sich zuerst durch die Duldung der Rückenlage; auch das Rückenmark der Esculenta wird narkotisirt, denn die von dem Caffeïnantheile des Moleküls zu bewirkenden reflectorischen Streckkrämpfe werden äusserst geringfügig, fehlen oft ganz. Betäubung und Paralyse herrschen vor. Die Circulation wird (zunächst) anscheinend nicht geschädigt.

Eine solche Substanz musste zu Versuchen an Säugethieren und an Menschen einladen. Eine Combination von narkotischer und Caffeïnwirkung konnte möglicherweise therapeutisch (z. B. bei manchen Migraineformen) verwerthbar sein. Jedenfalls musste es interessant erscheinen, die Abweichung der Wirkung des Aethoxycaffeïns von der des Caffeïns auch an Säugethieren kennen zu lernen.

Einem sehr munteren, ja wilden und bösartigen Kaninchen wurde am 8. Juni 1882 in Wasser suspendirt $0 \cdot 2^{grm}$ durch einen Katheter in den Magen gespritzt. Das Thier hatte vorher reichlich gefressen. Keine bemerkbaren Symptome. Am nächsten Tage bekam es $0 \cdot 5^{grm}$. Nach 15—20 Minuten, während es eben noch mit Fressen beschäftigt war, wird es hierin zusehends lässiger, hört 25 Minuten nach der Injection damit ganz auf, lässt wie ein Einschlafender den Kopf sinken, die Lider senken sich, die Augen sind zwei Drittel geschlossen, die Beine rutschen aus und sobald das Kinn auf den Boden kommt fährt es auf, wie ein Mensch, der „eingenickt“ ist; es verlässt seinen Platz, geht in eine Zimmerecke, legt sich halb und schläft wieder ein. Aufgescheucht ist es ganz wach, läuft (springt) in normaler Weise. Zum Futter gelangt, frisst es, schläft aber wieder ein, mit Sinkenlassen des Kopfes, zwei Drittel Lidschluss und Ausrutschen der Beine. So geht es 5 Stunden lang fort, zuweilen spontan erwachend und dann wieder in Normalhaltung gehend, jederzeit durch einen Pfiff oder eine Berührung munter werdend und alsdann stets zur Nahrungsaufnahme aufgelegt, immer dann wieder einschlafend. Nach 6 Stunden ist es schon viel munterer, nur noch sehr still, legt sich zuweilen halb. So erholt es sich und ist am nächsten Tage wieder so wild wie sonst. Eine Steigerung der Reflexe oder gar Tetanus, wie Kaninchen nach einer analogen Dosis Caffeïns zeigen, waren bei unserem Thiere nie zu beobachten. Die Anfügung der Aethoxylgruppe hat also auch für das Säugethier die Wirkung des Caffeïnmoleküls wesentlich in der Richtung der Narkotisirung des Hirns und vielleicht wohl auch des Rückenmarkes modificirt.

Bei Gaben von $1 \cdot 0$ und darüber sieht man bei Kaninchen einerseits auch Krämpfe auftreten, andrerseits Muskelstarre (auch nach Nervendurchschneidung) an den hinteren Extremitäten. — Eine grössere Reihe von Kymographionversuchen an Kaninchen mit Aethoxy-Caffeïn, Methoxy-Caffeïn und Caffeïn selber, zeigte mir, dass die Wirkung der beiden erstgenannten auf Blutdruck und Herzschlag qualitativ der des Caffeïns durchaus gleich ist — nur wirkt Caffeïn bei kleineren Dosen schon — was zu einem Theile auf die schnellere Resorption desselben zu beziehen ist.[1]

Bei Menschen (jüngeren Männern von 22 bis 38 Jahren) sah ich von Aethoxy-Caffeïn unter $0 \cdot 15$ bis $0 \cdot 2$ gar keine nennenswerthe Wirkung. Von da an bis etwa $0 \cdot 5$ zeigte sich einige Zunahme der arteriellen Spannung (Puls-Frequenz ungeändert oder um 2 bis 6 Schlägen per Secunde

[1] Nach Abschluss meiner Arbeit erschien die Dissertation von Rud. Wagner (*Exper. Untersuchungen über den Einfluss des Caffeïns am Herz und Gefässapparaten*), Berlin 1885, deren die Blutcirculation betreffenden thatsächlichen Angaben ich durchaus bestätigen kann.

gesteigert), Röthung des Gesichts und etwas Schweiss, während 1 bis 4 Stunden; dabei subjectiv Behaglichkeitsgefühl, grosse Neigung zum Nichtsthun und zur Ruhe, oft sehr lange und sehr ausgesprochen; manchmal bestand die subjective Wahrnehmung verstärkter Herzarbeit. Bei grösseren Gaben (0·5 bis 0·75) trat Schwindel und auf 0·75 nach einigen Stunden auch ziemlich heftiger Kopfschmerz auf. Nach Gaben von 0·1 bis 0·5 war der Schlaf in der folgenden Nacht etwas fester als normal — nach grösseren Gaben unruhiger. Nach Gaben bis zu 0·5 bestand am nächsten Tage Wohlbefinden, — nach grösseren Abgeschlagenheit.

Es würde sich gewiss der Mühe verlohnen, dieses Mittel in Fällen von Migräne aber zunächst nur bei solchen Personen sorgfältig zu versuchen, bei welchen in früheren Anfällen das Caffeïn gute Dienste geleistet hat; es kann wohl gehofft werden, dass das Aethoxy-Caffeïn dann noch Besseres wirken wird.

III. Spaltungsproducte des Caffeïns.

1) Caffeïdin.

Durch Behandlung mit Alkalien entsteht aus dem Caffeïn unter Aufnahme von Wasser und Abspaltung von Kohlensäure Stricker's Caffeïdin. E. Fischer konnte ihm die Constitutionsformel

$$\begin{array}{l} CH_3.HN-CH \\ \qquad\qquad\;\; \| \\ \qquad\qquad\;\; C-N.CH_3 \\ \qquad\qquad\;\; | \qquad > CO \\ CH_3.HN-C=N \end{array}$$

geben. Es hat in ihm also bereits ein bedeutender Abbau des Moleküls stattgefunden, — aber immerhin trägt der übriggebliebene Rest in seinem Gefüge noch den ausgesprochenen Charakter seiner Abstammung. In seiner pharmakologischen Wirkung ist eine schwere Schwächung gegenüber dem Caffeïn zu erkennen, — obschon die pharmakologische Zusammengehörigkeit der beiden Substanzen sich nicht verleugnet. Gaben unter 100 Milligramm sind bei Fröschen wirkungslos. Von da an erst zeigt sich bei Temporarien eine an den Armen beginnende Muskelerstarrung (bei empfindlich bleibender Armhaut — wie nach Caffeïn) neben schliesslich sich entwickelnder centraler Paralyse — ganz wie bei Caffeïn. Esculenten dagegen zeigen hier neben Neigung zu fibrillären, peripher bedingtem Muskelflimmern (welches an die Guanidinwirkung erinnern könnte) nur centrale Paralyse, keine Reflexüberregbarkeit oder Krämpfe. Ob durch Gaben über 0·15 auch bei Esculenten Muskelstarre erzeugt werden kann, habe ich nicht untersucht.

2. Caffursäure.

$$\begin{array}{l} \qquad\qquad\quad COOH \\ \qquad\qquad\quad\;| \\ \qquad HO\,.\,C-N\,.\,CH_3 \\ \qquad\qquad\quad\;| \qquad >CO \\ CH_3\,.\,HN-C{=}N \end{array}$$

Bei Gaben bis zu 100 Milligramm (in kaltem Wasser gelöst) bewirkt diese Substanz bei Fröschen meistens keine Störung; erst von hier an tritt in einigen wenigen Fällen eine vorübergehende und mässige Steigerung der Reflexerregbarkeit und eine gewisse Ungeschicklichkeit der Muskelaction auf. Die Wirkung wesentlich höherer Gaben habe ich nicht untersucht.

3. Hypocaffeïn.

$$\begin{array}{l} \quad COO\,.\,CH-N\,.\,CH_3 \\ \quad\;| \qquad\; | \qquad >CO \\ CH_3N - C{=}N \end{array}$$

In Wasser gelöst und subcutan beigebracht sind Gaben bis 50 ^{mgr} an Fröschen durchaus wirkungslos. Bei Esculenten erscheint bei 50 ^{mgr} eine gewisse Hyperaethesie gegen Berührungen. Bei Gaben von 100 ^{mgr} vielleicht etwas Betäubung. Es ist also jedenfalls ein sehr wenig wirksamer Körper und in Gaben, welche beim Caffeïn enorm giftig sind, noch ganz indifferent.

4. Caffolin.

$$\begin{array}{l} \qquad HO\,.\,HC - NCH_3 \\ \qquad\qquad\quad | \qquad >CO \\ CH_3\,.\,HN-C{=}N \end{array}$$

Das Caffolin, aus Hypocaffeïn durch Barytwasser abspaltbar, erscheint an Fröschen in Gaben bis zu mehr als 100 ^{mgr} gänzlich wirkungslos.

So nimmt also die Wirkung der Substanzen mit dem Abbau des Caffeïn-Moleküls überall ab, trotz des Bestehenbleibens jenes charakteristischen Restes:

$$\begin{array}{l} \qquad = C - NCH_3 \\ \qquad\quad\; | \qquad >CO \\ = N - C - N \end{array}$$

IV. Der Xanthin-Caffeïngruppe verwandte Körper.

Dem Guanin giebt E. Fischer folgende Formel

```
  HN—CH                     HN—CH
  |   ||                     |   ||
HN=C  C—NH      oder auch   CO   C—NH
  |   |   >CO                |   |   >C=NH
  HN—C=N                    HN—C=N
```

Das Guanin unterscheidet sich also nur dadurch vom Xanthin, dass es statt des einen Harnstoffrestes eine Guanidingruppe enthält. Aber diese geringe Verschiedenheit bedingt sonderbarerweise eine principielle Verschiedenheit der Wirkung. In Gaben von 100 mgr und darüber ist das Guanin bei Fröschen völlig unwirksam. Auch keine Neigung zu fibrillären oder ausgedehnteren peripher bedingten Zuckungen zeigt sich, wie man vielleicht nach den Erfahrungen der Caffeïdinwirkung mit Rücksicht auf den Guanidinrest in Guaninmoleküle erst recht hätte erwarten sollen.

2. Harnsäure.

Nach der früheren Meinung der Chemiker wäre die Harnsäure als ein Oxy-Xanthin zu betrachten und stünde in demselben Verhältnisse zum Xanthin wie das Hydroxy-Caffeïn zum Caffeïn. Wie wir sahen besteht noch eine genügende Verwandtschaft zwischen den Wirkungen jener beiden letztgenannten Körper. Man hätte also auch eine Aehnlichkeit der Wirkungen von Xanthin und Harnsäure erwarten können. Dies ist aber absolut nicht der Fall, da Harnsäure in Gaben bis über 100 mgr (subcutan als Natronsalz) bei Fröschen durchaus unwirksam ist. Dieser Befund ist dagegen heute nicht mehr auffallend, seitdem wir durch E. Fischer[1] wissen, dass die Harnsäure eben kein Hydroxy-Xanthin ist, wie aus folgenden von E. Fischer aufgestellten Formeln hervorgeht:

```
H.N—CO           HN—CH
  |  |             |  ||
  CO C—NH          CO C—NH
  |  ||   >CO      |  |    >CO
 HN—C—NH          HN—C=N
 Harnsäure.       Xanthin.
```

V. Sarkin.

Obschon die chemische Beziehung zwischen Sarkin und Xanthin nach Widerlegung der Stricker'schen Angaben durch A. Kossel[2] (und E.

[1] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* Jahrg. XVII. S. 328 u. 1776.
[2] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. VI. S. 428.

Fischer) ganz zweifelhaft und jedenfalls die Constitution des Sarkins unbekannt ist, so glaubte ich doch bei dieser Gelegenheit einige vergleichende — und dereinst irgendwie vielleicht verwerthbare Versuche nicht unterlassen zu sollen. Mit Rücksicht auf den hohen Preis dieses Körpers glaubte ich mich auf das Nothwendigste beschränken zu müssen, obschon dieser Körper wie man sehen wird, eine interessante Aufgabe zu lösen giebt.

Nach Gaben von 25 bis 100 mgr vergehen bei Temporarien und Escufenten mehr als 6 Stunden (bis zu 24 Stunden), ehe eine Wirkung sich zeigt, was für eine Umwandlung (Oxydation?) des Sarkins zu sprechen scheint. Dann zeigen sich neben gesteigerter Reflexempfindlichkeit und Reflexirradiation spontane Krampfanfälle (welche reflectorisch schon etwas früher hervorgerufen werden können); sie beginnen mit Hackenstellung, dann erscheint Abduction der Hinterbeine in halbgebeugter Haltung, schliesslich gehen die Krämpfe in einen einfachen durchaus den Caffeïn-Tetanus gleichenden allgemeinen Streckkrampf über, nach dessen Ablauf bei fortbestehender Athmung und guter Circulation das Thier sich etwa 5 Minuten lang erschöpft zeigt; dann erholt es sich aber um je nachdem in einigen Stunden oder früher einen neuen Anfall zu bekommen. 50 bis 100 mgr wirken letal. Die Todtenstarre tritt sehr bald und in sehr ausgesprochenem Maasse auf.

Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und der Reflexapparate des Rückenmarkes.[1]

Von

K. Hällstén
in Helsingfors.

5. Muskelreflexe durch verschiedene Reize.

Als Einleitung zu der vorliegenden Frage erinnern wir vorerse an die unerwarteten Resultate, welche Grützner und Heidenhain[2] erzielten, als sie sensible Nerven auf verschiedene Weise reizten und die Wirkung auf das Gefässsystem beobachteten. Sie fanden nämlich, dass die Erregung unter gewissen Umständen durch Reflex eine Steigerung des Blutdruckes hervorrief, unter anderen Umständen aber keine Wirkung auf den Blutdruck äusserte, obgleich in beiden Fällen dieselben sensiblen Nerven in Thätigkeit gesetzt wurden. So rief „eine einfache Berührung oder ein einzelner, die Haut treffender Luftzug gewaltige Folgen" hervor, nämlich im Blutdruck; erfolglos dagegen waren intensiv wirkende, schmerzhafte Hautreize, z. B. „Aetzung mit Senfspiritus, mit concentrirter Salpetersäure oder Schwefelsäure, Verbrennen durch das Ferrum candens, durch auftropfenden, brennenden Siegellack, durch Andrücken eines mit kochendem Wasser gefüllten Becherglases, durch auf der Haut abbrennenden Spiritus; — alle diese so äusserst schmerzhaften Eingriffe rufen in der ausserordentlichen Mehrzahl der Fälle nicht die mindeste Druckänderung hervor".[3] Ebenso erfolglos war auch elektrische Reizung der Nervenstämme.[4] Kurz darauf wurden diese Beobachtungen von Grützner auch auf andere Gebiete[4] ausgedehnt;

[1] Fortsetzung von S. 209 vorigen Jahrganges.

[2] P. Grützner und R. Heidenhain, Beiträge zur Kenntniss der Gefässinnervation. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1878. Bd. XVII. S. 1—59.

[3] A. a. O. S. 55—56 und 54.

[4] P. Grützner, Ueber verschiedene Arten der Nervenerregung. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1878. Bd. XVII. S. 215—249.

Grützner fand z. B., dass Reizung eines motorischen Nervenstammes mittels Wärme von 40 bis 50° C. keine Muskelcontractionen hervorrief, weder bei kalt- noch bei warmblütigen Thieren, dass aber eine derartige Reizung eines sensiblen Nervenstammes allgemeine Reflexbewegungen hervorrief; derartige Reizung des Sympathicus am Halse fand Grützner ohne Wirkung auf die Blutgefässe des Ohres und der Pupille; ebenso ergab Reizung des Lingualis (am Hunde) unter denselben Umständen keine Veränderung in den Blutgefässen der Zunge noch in der Speichelsecretion;[1] ebenso war eine derartige Wärmereizung des peripherischen Theiles des Vagusstammes ohne Einfluss auf die Herzthätigkeit;[2] dagegen riefen elektrische Ströme unmittelbar die bekannten Wirkungen hervor.

Weitere Veröffentlichungen in dieser Richtung sind, soweit mir bekannt, nicht gemacht worden.

Diese Beobachtungen scheinen uns in verschiedener Hinsicht von Interresse zu sein; sie zeigen unter anderem, dass derselbe Nervenapparat, wenn er auf verschiedene Weise gereizt wird, nicht in allen Fällen dieselbe Wirkung vermittelt. Wir stellen uns hier die Aufgabe zu untersuchen, ob diese Verhältnisse auch für die Nervenapparate nachgewiesen werden können, welche die Reflexe zu den quergestreiften Muskeln vermitteln. In der hierhergehörenden Litteratur haben wir nur eine Beobachtung gefunden, welche ein derartiges Verhalten andeuten könnte; es ist dies die bekannte Beobachtung, dass Muskelreflexe leichter von den Endapparaten der sensiblen Nerven in der Haut hervorgerufen werden können, als von den Nervenstämmen. Diese Beobachtung ist — nach Eckhard[3] — schon von Marshall Hall gemacht und von späteren Forschern bestätigt worden; in gewissem Grade kann sie mit den oben erwähnten Beobachtungen von Grützner und Heidenhain parallelisirt werden, aber sie bezieht sich jedenfalls mehr auf quantitative Unterschiede in den Reizen als auf qualitative. — Andererseits ist es klar, dass sich in dieser Richtung kein bemerkenswerthes Material finden kann; es hat nämlich seit langer Zeit in Uebereinstimmung mit der Theorie über die specifischen Energien als Axiom gegolten, dass die durch die Erregung in einem Nervenapparat hervorgerufene Wirkung immer dieselbe ist, unabhängig davon auf welche Weise die Reizung geschieht.

Meine ursprüngliche Absicht war, zur Untersuchung von Muskelreflexen in dieser Hinsicht hier nur das oben beschriebene Reflexpraeparat zu benutzen; zu diesem Zwecke wurden anfangs die Nervenstämme mit ver-

---

[1] A. a. O. S. 224—226.

[2] A. a. O. S. 233.

[3] C. Eckhard, Physiologie des Rückenmarkes. Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. II. Th. 2. S. 46.

schiedenen Mitteln gereizt und die dadurch hervorgerufenen Reflexe im Musculus gastrocn. der anderen Seite beobachtet. Später wurde jedoch die Veränderung vorgenommen, dass der Nervus ischiad. auf der einen Seite im Zusammenhange mit dem Unterschenkel und Fuss beibehalten wurde, um auch Reflexe von den peripherischen Endapparaten der Gefühlsnerven in der Haut hervorrufen zu können. Im Verlaufe der hierher gehörenden Untersuchungen haben schliesslich verschiedene Umstände mich bewogen, auch den Einfluss in Betracht zu ziehen, welchen der obere Theil des Rückenmarkes möglicherweise auf die Reflexe ausüben kann. Die vorliegende Abhandlung zerfällt daher in zwei Abtheilungen; in der ersten wird der einfachere Fall besprochen, wo die Reflexe zum Muscul. gastrocn. nur durch den unteren Theil des Rückenmarkes vermittelt werden; in der zweiten Abtheilung dagegen der complicirtere Fall, wo die Reflexe zu demselben Muskel durch das ganze Rückenmark vermittelt werden. Im ersten Falle war, wie schon früher erwähnt, das Rückenmark im dritten Wirbel durchschnitten, im letzteren war der Schnitt durch die Medulla ablongata geführt.

---

1. Die Reflexe zum Musculus gastrocn. werden durch den unteren Theil des Rückenmarkes vermittelt.

A. Reizung des Nervus ischiad mit mechanischen Reizmitteln.

Im Vorhergehenden — in Artikel 2 — ist schon erwähnt worden, dass mechanische Reizmittel in unserem Reflexpraeparate bei Einwirkung auf den Nervus ischiad. keine Reflexe hervorrufen; wir haben zu dem Zwecke mechanische Reizmittel angewandt in der Form von Schlägen, Durchschneidung (mit der Scheere), Kneifen (mit der Pincette), Unterbindung (mit Faden), ferner summirte Reize (mit einem nach Heidenhain's Princip construirten Tetanomoter); keines von diesen mechanischen Reizmitteln hat an dem Praeparate Reflexe vom Nervus ischiad. der einen Seite zum Muscul. gastrocn. der anderen Seite hervorgerufen.

In ähnlichen Praeparaten von strychninisirten Thieren dagegen rufen dieselben mechanischen Mittel mit grösster Leichtigkeit Reflexe hervor; schon die Versuche in Artikel 2 haben dieses gezeigt; hier erreichten nämlich die so erzeugten Reflexzuckungen Werthe von 10 bis 15 ^{mm}, d. h. dieselben maximalen Werthe, wie die Zuckungen bei directer Reizung des motorischen Nervenstammes sie zeigen. Es mag erwähnt werden, dass dieses Verhalten besonders deutlich am Ende des ersten, bez. beim Beginn des 2. Vergiftungsstadiums hervortritt; in diesem Stadium ist schon ein geringer mechanischer Eingriff — z. B. ein leichter Schlag und natürlich

Durchschneidung eines unbedeutenden Nervenastes — hinreichend zur Hervorrufung von Reflexen. Da nun — wie schon im Beginn dieser Abhandlung hervorgehoben worden — das Strychnin nicht auf die peripherischen Nervenstämme wirkt, sondern nur auf die Reflexapparate, so beweist dieses Verhalten, dass durch mechanische Reizmittel die sensiblen Nerven auch im Praeparate von nicht strychninisirten Thieren gereizt werden, wenn auch die Erregung keine Reflexe hervorruft. Dasselbe kann auch auf andere Weise bewiesen werden; mechanische Reizung des entblössten Nervenstammes an sonst intacten Thieren ruft Empfindung (von Schmerz) hervor, wie aus den Fluchtversuchen des Thieres bei Applicirung des Reizes hervorgeht; ferner, wenn der Nervus ischiad. eines enthaupteten Frosches auf dieselbe Weise gereizt wird, so treten starke Reflexzuckungen in den übrigen Extremitäten ein, besonders wenn der Reiz in der Nähe des Plexus wirkt. Diese Verhältnisse beweisen, dass durch mechanische Mittel die sensiblen Nerven auch in dem uns hier beschäftigenden Praeparate gereizt werden, dass aber die Erregung gehindert wird sich durch die Reflexapparate zu den motorischen Nerven fortzupflanzen.

B. Reizung des Nervus ischiad. mittels elektrischer Ströme.

Im Artikel 1 A haben wir schon die Resultate von Reizungsversuchen am Nervus ischiad. mittels constanter Ströme besprochen; es zeigte sich, dass weder Schliessung noch Oeffnung des constanten Stromes an dem in Rede stehenden Praeparate Reflexe zum Muscul. gastrocn. der anderen Seite hervorrief; nur in vereinzelten Fällen traten Ausnahmen von dieser Regel hervor, und über die Ursache dieser haben wir uns schon in demselben Artikel geäussert.

Die Untersuchungen in den Artikeln 1 und 2 haben zugleich gezeigt, dass in Praeparaten von strychninisirten Thieren durch constante Ströme mit Leichtigkeit Reflexe hervorgerufen werden; z. B. gab im Artikel 1 Bb, in Versuch 2, $^1/_3$ Dan. bei einer Rheochordlänge von 43 ^{cm} dieselbe maximale Reflexzuckung, wie 8 Dan. Weitere Versuche in Art. 2 zeigten zugleich, dass constante Ströme und mechanische Mittel maximale Zuckungen von derselben Grösse geben.

Für die Reflexzuckungen an dem in Rede stehenden Praeparate mittels Schliessung und Oeffnung des constanten Stromes gilt daher dasselbe wie für die Reflexe mittels mechanischer Eingriffe; die sensiblen Nerven werden gereizt, aber die Erregung pflanzt sich nicht durch die Reflexapparate des Rückenmarkes auf die motorischen Nerven fort; in Bezug auf das Verhalten der Reflexapparate bei Reizung mit dem constanten Strome werden jedoch bisweilen Ausnahmen von dieser Regel beobachtet. — Der eben erwähnte

Versuch zeigt ferner, dass man bei derartigen Untersuchungen an Praeparaten von nicht strychninisirten Thieren nicht Reize von zunehmender Stärke (oder Stromdichtigkeit bei Reizung mit elektrischen Strömen anzuwenden braucht, da die Erregung immer schon bei geringerer Stärke ihren maximalen Werth erreicht.

Was ferner die Summirung mittels des constanten Stromes betrifft, so werden dadurch mit Leichtigkeit Reflexe hervorgebracht; Summirungen haben wir ausgeführt wie in Artikel 1 B a, Versuch 4, angegeben worden, d. h. durch mehrmalig auf einanderfolgendes Schliessen des Stromes in Quecksilber. In einem derartigen Versuche traten bei der sechsten Schliessung tetanische Zuckungen auf, als 1 Dan. angewandt wurde und die Schliessungen in 15 Secunden 20 Mal erfolgten; in einem anderen Falle ebenso bei der siebenten Schliessung, bei Anwendung von 2 Dan. und 15 Schliessungen in 15 Secunden. Aber das Praeparat verhält sich in dieser Beziehung in allen Jahreszeiten nicht gleich; die erwähnten Versuche geschahen im Frühlinge; im Herbst sind die Verhältnisse dieselben, aber gegen den Winter erhält man durch derartige Summirung mit dem constanten Strom nur äusserst kleine Zuckungen von 1 bis 2^{mm} oder ganz minimale; und im Winter werden durch Summirung mittels des constanten Stromes gar keine Reflexe erzielt.

Muskelreflexe durch Summirung mittels Inductionsströme werden dagegen zu allen Jahreszeiten leicht hervorgebracht; der Versuch 1 in Artikel 4 kann dieses Verhältniss für die Frühlingszeit beleuchten; weiterhin (unter anderem in der Rubrik F) werden Versuche mitgetheilt, die im Winter ausgeführt wurden.

C. Reizung des Nerv. ischiad. mittels Wärme.

Zur Hervorrufung von Muskelreflexen mittels Wärmereizes haben wir bei den nachfolgenden Untersuchungen fast ausschliesslich dieselben Methoden angewandt wie Grützner, nämlich Grützner's Wärmehaken und das Glüheisen.

Versuch 1 und 2. Reizung des Nervenstammes mittels Grützner's Wärmehakens zwischen den Temperaturgrenzen von 30° und 40° C., ebenso zwischen 40° und 52°, 52° und 62° bis 70° C., gab im Praeparat von nicht strychninisirten Thieren keine Reflexe im Muscul. gastrocn. der anderen Seite; es kann hinzugefügt werden, dass auch keine Muskelzuckungen im Muscul. gastrocn. der gereizten Seite beobachtet werden konnten. — Bei ebensolchen Versuchen an Praeparaten von strychninisirten Thieren wurden ebensowenig Reflexe im Muscul. gastrocn. der anderen Seite erzielt;

in diesem Falle wurden jedoch mit mechanischen Mitteln die gewöhnlichen Reflexe hervorgebracht.

Versuch 3. Praeparat von nicht strychninisirten Thieren. Das Ferrum cand. am Nerv. ischiad. anfangs an einer niedrigeren, dann an einer höheren oder näher zur Wirbelsäule gelegenen Stelle, gab in einer Menge von Fällen Reflexzuckungen von geringer, aber variirender Grösse, in anderen Fällen minimale oder in vielen Fällen ganz geringe Reflexzuckungen, z. B. wurden in einem derartigen Falle bei Reizung des unteren Endes des Nervenstammes Ausschläge von 2·0 und 4·0 ^{mm} erhalten, bei Reizung des Plexus 0·9, und näher zur Wirbelsäule 0 und 0 ^{mm}. Im Allgemeinen können die Ausschläge in den hierher gehörenden Versuchen als zwischen 3 ^{mm} und 0 variirend angesehen werden. — In einigen dieser Versuche traten die Reflexe merkbare Zeit nach Einwirkung des Reizes auf.

Versuch 4. Praeparat von strychninisirtem Thier. Das Ferr. cand. gab auch jetzt dieselben Resultate wie im vorigen Versuche, d. h. Reflexzuckungen von geringer Grösse. Bei Ausführung des Versuches wurde das Glüheisen vorsichtig dem Nervenstamme genähert um Reflexzuckungen in Folge von mechanischer Reizung zu vermeiden; einige Versuche mit dem Glüheisen oder anderen ähnlichen Gegenständen von gewöhnlicher Temperatur geben die Schnelligkeit an, mit der das Glüheisen genähert werden muss, um mechanische Reizung zu vermeiden.

Um diese Versuche, namentlich die an strychninisirten Praeparaten, unabhängig von mechanischer Reizung zu machen, haben wir auch folgende Methoden angewandt: die Flamme einer Stearinkerze wurde dem Nervenstamme plötzlich genähert, oder der Nervenstamm kam auf einen feinen Platindraht zu liegen, der mittels eines galvanischen Stromes in glühenden Zustand versetzt wurde. Der Platindraht (von 0·3 ^{mm} Dicke und 22 ^{mm} Länge) war in zwei Klemmschrauben befestigt, welche durch passende Leitung mit einer galvanischen Batterie verbunden werden konnten; zu dem Zwecke wurden zwei sog. Chromsäure- oder Grenet'sche Elemente angewandt, die hinter einander angeordnet waren. Auch diese Methoden gaben dieselben Resultate wie die oben angeführten; weiterhin in der späteren Abtheilung führen wir einige derartige Versuche an.

Es mag hier hinzugefügt werden, dass die letztere Methode — ein auf galvanischem Wege geglühter Platindraht — von uns freilich nicht in grösserer Ausdehnung angewandt worden ist, aber, nach den von uns gemachten Versuchen zu urtheilen, scheint sie recht gut dem Zwecke zu entsprechen, unter anderem aus dem Grunde, weil sie gestattet, die Reizung auf ein kleineres Nervenstück als andere Methoden zu beschränken, und zugleich die Temperatur vermittelst des Rheochordes zu modificiren.

Diese Versuchsresultate sind in mehreren Beziehungen unerwartet; Grützner[1] fand nämlich, dass eine Temperatur von 50° C. oder schon zwischen 40° und 50° allgemeine Reflexbewegungen hervorrief; in diesen Versuchen dagegen wurden selbst bei einer Temperatur von 70° C. keine Reflexe im Muscul. gastrocn. der anderen Seite erzielt; es mag hier erwähnt werden, dass bei 75° und darüber Reflexe hervorgerufen werden konnten, wie ähnliche Versuche weiterhin, in der späteren Abtheilung, zeigen. Die Ursache zu diesen Unterschieden kann in der Jahreszeit gesucht werden; die hier wiedergegebenen Versuche wurden nämlich im Winter gemacht; die Ursache kann aber auch zum Theil wenigstens in den verschiedenen Praeparaten, die bei den Versuchen zur Anwendung kamen, gesucht werden; Grützner's Versuche wurden nämlich an einfach enthaupteten Thieren ausgeführt, unsere dagegen am oben beschriebenen Reflexpraeparate. — Es mag erwähnt werden, dass in erster Linie diese Verschiedenheit in den Versuchsresultaten die Veranlassung zu den in der zweiten Abtheilung dieses Artikels enthaltenen Untersuchungen gab.

Ferner zeigte Versuch 3, dass Wärme von hoher Temperatur in unserem Praeparate Reflexzuckungen hervorrufen kann, wenn auch die Ausschläge gering sind, nur wenige Millimeter betragen; die Versuche zeigen aber auch, dass nicht selten, sogar an ganz neuen, frischen Praeparaten, keine Wirkung erzielt wird. — Es mag hier ferner bemerkt werden, dass die Reflexzuckungen dieselbe Grösse erreichen, wenn sie durch Wärme von 75°, 78°, 80° C. hervorgerufen werden, wie bei Reizung mit dem Glüheisen; hieraus geht hervor, dass die Glühhitze, — welche nach Draper's Untersuchungen eine Temperatur von 525° C. repräsentirt, — bedeutend über der Grenze liegt, welche zur Erreichung der maximalen Reflexzuckung nöthig ist, die überhaupt durch Reizung mit Wärme erreicht werden kann.

Vielleicht das Unerwartetste bei diesen Versuchen ist, dass die Strychninvergiftung keinen merklichen Einfluss auf die Resultate bei Reizung mit Wärme ausübt. Die Versuche an Praeparaten von strychninisirten Thieren geben uns daher wenig Aufschluss über die Frage, ob die sensiblen Nerven in unserem Praeparate von der Wärme auch in den Fällen gereizt werden, wo keine Reflexe hervortreten. Andere Verhältnisse zeigen jedoch, dass die sensiblen Nerven allerdings gereizt werden; vorerst wird dieses für Wärme von höherer Temperatur durch Reizungsversuche an enthaupteten Thieren dargelegt; es werden nämlich in dem Falle, z. B. mittels des Glüheisens, heftige Reflexe hervorgerufen. Für niedrigere Wärmegrade wird dasselbe durch eine Veränderung dargethan, welche der Muscul. gastrocnem. in unserem Praeparate bei solcher Reizung erleidet; ohne Ein-

---

[1] P. Grützner, a. a. O. S. 224.

tritt von Reflexen wird nämlich der Muskel so zu sagen bei jedem Reizungsversuch verlängert, wie aus der Senkung des Hebels oder des Schreibeapparates ersichtlich; z. B. ist in einem Reizungsversuche mit dem Wärmehaken von 47° C. wurde freilich keine Reflexzuckung erzielt, aber die Spitze des Schreibapparates senkte sich um 0.6 mm; ein neuer Versuch mit 58° gab ebenso eine merkbare wenn auch nicht messbare Verlängerung des Muskels. Was die Ursache dieser Verlängerung sein kann, liegt ausserhalb des Gebietes, auf das sich dieser Aufsatz bezieht und verdiente eine besondere Untersuchung; es kann aber wohl kaum Zweifeln unterliegen, dass dieses Phaenomen sich auf einen tonischen Zustand des Muskels und seine Abhängigkeit von den Centralapparaten im Rückenmarke bezieht. Das Phaenomen deutet an, dass der tonische Einfluss, welchen das Rückenmark auf die Muskeln und speciell den Muscul. gastrocn. in unserem Praeparate ausübt, bei Reizung der sensiblen Nerven auch in solchen Fällen vermindert wird, wo die Reizung nicht von Reflexzuckungen begleitet ist. Es mag hinzugefügt werden, dass diese Veränderung der Länge des Muskels auch mit anderen Reizmitteln hervortritt. Genug, dieses Phaenomen zeigt, dass die sensiblen Nerven auch durch Wärme von niedrigerer Temperatur gereizt werden. In unserem Praeparate sind es also wieder die Reflexapparate, welche die Fortpflanzung der Erregung auf die motorischen Nerven verhindern.

Schliesslich mag hier ein Umstand angeführt werden, der weiterhin von Bedeutung für unseren Gegenstand ist, nämlich dass bei Reizung der motorischen Stämme mittels Wärme, ja sogar bei Glühhitze, maximale Muskelzuckungen von geringerer Grösse erzielt werden, als durch mechanische oder elektrische Reizmittel; so z. B. erhielten wir bei alternirender Reizung des Nerv. ischiad. auf der motorischen Seite vermittelst Durchschneidung und glühenden Platindrahtes, bei Durchschneidung Zuckungen von ungefähr 10 mm, bei Wärmereizung dagegen Zuckungen von 6 bis 7 mm. Die Versuche wurden an nicht strychninisirten Praeparaten ausgeführt. Dieses Verhalten ist übrigens vorher von Grützner beobachtet worden; Grützner sagt[1] nämlich, wenn man die motorischen Nerven höheren Temperaturen aussetze, so treten gewöhnlich unmittelbar fibrilläre Zuckungen auf, „die jedoch, wie es scheint, mit der Höhe der Temperatur in keinem directen Verhältnisse stehen.“

Die vorhergehenden Untersuchungen beziehen sich auf Reizungsversuche an den sensiblen Nervenstämmen; zur Untersuchung der Reflexe von den peripherischen Endapparaten der sensiblen Nerven in der Haut, wurde im

[1] P. Grützner, a. a. O. S. 225.

Praeparat der Nerv. ischiad. auf der einen Seite in Zusammenhang mit dem Unterschenkel und Fuss erhalten, oder auch wurde die ganze Extremität auf der einen Seite beibehalten; die hautbekleidete Extremität wurde gewöhnlich vermittelst einiger Nadeln in horizontaler Lage befestigt; wo die verticale Lage nothwendig war, wurde das Os femoris fixirt. Durch diese Anordnung konnte der Muscul. gastrocn. auf gewöhnliche Weise im Myographion fixirt, und die Reflexe darin durch Reizung der Haut an der anderen Extremität hervorgerufen werden. — Hier fragt sich, ob wirklich die sensiblen Nerven, welche sich in der Haut der Pfote und des Unterschenkels verzweigen, in ihrer ganzen Ausdehnung im Praeparate erhalten sind, wenn die Haut mit allen weichen Theilen, mit Ausnahme des Nerv. ischiad. vom Femur entfernt wird; einige der folgenden Versuche geben darauf eine bejahende Antwort.

D. Reizung der Haut mit verdünnter Essigsäure.

Versuch 1. Vom Femur der hautbekleideten Extremität waren alle Weichtheile mit Ausnahme des N. ischiadicus entfernt. Die Essigsäure wurde dem Praeparate mittels Glasstabes oder Pipette zugeführt. Wenn die Haut an der längsten Zehe gereizt wurde, so erfolgten Reflexzuckungen von 2 ^{mm}; ebenso bei Reizung der Haut am Pes 7·8, und bei Reizung der Haut am Crus zwei Mal hintereinander auf derselben Stelle, Reflexzuckungen von 2·7 und 8·6 ^{mm}; nach jeder Reizung wurde dabei die Essigsäure durch einen Wasserstrahl aus der Spritzflasche ausgewaschen. — Es kann hinzugefügt werden, dass die Reizungen von Reflexzuckungen auf derselben Seite begleitet waren; und ferner ist zu bemerken, dass Reizung mit Essigsäure nicht an allen Praeparaten positive Resulsate giebt.

Versuch 2. Gleiches Praeparat von strychninisirtem Thier. Reizung mit Essigsäure gab Reflexzuckungen von 7·8 bis 7·4 ^{mm}; Reflexzuckungen von derselben Grösse 7·6 bis 8·0 wurden auch durch mechanische Reizung (leichter Stoss gegen die Haut mit dem Ende eines Glasstabes) erzielt. — In einem anderen gleichartigen Praeparate gab Reizung mit Essigsäure Reflexzuckungen von 3 bis 4 ^{mm}. Einige derselben traten merkbare Zeit nach der Reizung auf; bei mechanischer Reizung wurden hier Reflexzuckungen von ungefähr 8 ^{mm} erhalten.

Derartige Versuche zeigen, dass die sensiblen Nervenbahnen der Haut im Praeparat auch im oberen Theile des Unterschenkels erhalten sind. — Wie Versuch 1 andeutet, giebt Reizung mit Essigsäure Reflexe zum M. gastrocnemius der anderen Seite, aber von sehr variirender Grösse; und dazu können die Muskelreflexe, sogar in ganz frisch verfertigten Praeparaten, die

auf keine andere Weise gereizt worden sind, ganz und gar ausbleiben. Von allen Reizmitteln, welche hier zum Hervorrufen von Hautreflexen angewendet wurden, hat sich jedoch die Essigsäure als am meisten zweckentsprechend erwiesen; in den folgenden Versuchen ist daher dieses Mittel benutzt worden, um zu entscheiden, ob das Praeparat anwendbar war, in den Fällen nämlich, wo das Reizmittel, dessen Wirkung gerade untersucht wurde, negative Resultate gab. — Ferner ist bekannt, dass durch verdünnte Essigsäure die Nervenfasern nicht gereizt werden [1], in diesen Versuchen geschieht daher die Reizung von den peripherischen Endapparaten in der Haut aus; und wir dürfen wohl als ausgemacht annehmen, dass dadurch bei intacten Thieren keine normale Gefühlsempfindung hervorgerufen wird, d. h. keine Empfindung von Druck oder Wärme, sondern Schmerzempfindung. — Versuch 2 deutet an, dass verdünnte Essigsäure auch in strychninisirten Praeparaten Reflexe zum M. gastrocnemius hervorruft, — ein Resultat, dass mit früher gewonnenen Erfahrungen im Widerspruch zu stehen scheint.[2]

E. Reizung der Haut durch mechanische Mittel.

Versuch 1. Die Haut der Pfote und des Unterschenkels wurde auf verschiedene Weise durch mechanische Mittel gereizt, z. B. durch Berührung und Bestreichen (mit dem Glasstabe oder Pinsel) durch Kneifen der Schwimmhaut oder anderer Hautfalten mit der Pincette, oder schliesslich durch Durchschneidung der Zehe, der Pfote und des Unterschenkels mit der Scheere; aber durch keines dieser Mittel wurden Reflexe zum M. gastrocnemius der anderen Seite erzielt, wohl aber Muskelreflexe auf derselben Seite hervorgerufen. Die Resultate fielen gleichmässig aus, auch wenn die ganze Extremität im Praeparate beibehalten wurde.

Versuch 2. Die Pfote (eigentlich deren Dorsalfläche) wurde mit einem um einen Finger gewickelten Stück Zeug mehrere Male hintereinander bestrichen oder leicht gerieben; dadurch wurden mitunter Reflexe bis zu 3·4 mm hervorgerufen. Derartige Versuche glückten bei Weitem nicht immer.

Versuch 3. Praeparat von strychninisirtem Thier. Die Haut wurde anfangs an der ganzen Extremität beibehalten. Bei Reizung durch Berührung der Haut des Fusses, Unter- und Oberschenkel wurden Reflexzuckungen von 8 bis 9 mm hervorgerufen. Dann wurde die Haut des Ober-

---

[1] Vergl. z. B. Hermann, Allgemeine Nervenphysiologie im *Handbuch der Physiologie.* Bd. II. Th. 1. S. 102.

[2] Vergl. C. Eckhard, a. a. O. S. 42.

schenkels bis in's Kniegelenk und zugleich alle Theile mit Ausnahme des Nervenstammes entfernt; auch jetzt wurden bei Reizung der Haut des Fusses oder Unterschenkels Reflexzuckungen von derselben Grösse erzielt. — Es kann hinzugefügt werden, dass in diesem Falle die Reflexzuckungen an Stärke modificirt werden konnte nach der Stärke des Reizes.

Versuch 1 zeigt, dass einfache Hautreizung und sogar schmerzhafte Eingriffe durch mechanische Mittel keine Reflexe zum M. gastrocnemius der anderen Seite hervorbringen, dass aber wohl mehrere dicht aufeinanderfolgende leichte Reize durch Summirung solche Reflexe hervorrufen. — Die Versuche an Praeparaten von strychninisirten Thieren legen dar, dass die sensiblen Nerven, welche sich in der Haut des Fusses und Unterschenkels verzweigen, im Praeparate erhalten sind, obgleich der Oberschenkel mit Ausnahme des N. ischiadicus entfernt ist. — Schliesslich zeigt Versuch 1, dass ein einfacher Hautreiz an einem Praeparat von nicht strychninisirtem Thier sich nicht durch die Reflexapparate des Rückenmarkes fortzupflanzen vermag.

F. Reizung der Haut mittels elektrischer Ströme.

Wir haben hier sowohl constante wie Inductionsströme angewandt; nach Eckhard sind bisher in dieser Beziehung keine Erfahrungen mit dem constanten Strome gesammelt worden. Zur Ausführung der Reizungsversuche wurde die hautbekleidete Extremität in horizontaler Lage fixirt, und der Strom mittels gewöhnlicher unpolarisirbarer Elektroden zur Haut geleitet. Anfangs wurden die Elektroden ganz einfach mit der Haut in Berührung gebracht, die eine etwa unterhalb des Kniegelenkes, die andere oberhalb des Tarsalgelenkes. Da jedoch bei diesem Verfahren mittels constanter Ströme keine Reflexe des M. gastrocnemius der anderen Seite hervorgerufen werden konnten, so wurden die Ströme durch eine der folgenden Anordnungen von den Elektroden zur Haut geleitet: zwei in 1 procentiger Chlornatriumlösung getränkte Wollfäden wurden mit dem einen Ende um den Unterschenkel gebunden und mit den anderen Enden um die unpolarisirbaren Elektroden gewunden; oder der Unterschenkel wurde mit zwei Ringen von derselben Thonmasse, welche zu den unpolarisirbaren Elektroden benutzt wird, umgeben, und die unpolarisirbaren Elektroden wurden dann mit diesen Ringen in Berührung gebracht.

Versuch 1. Praeparat von nicht strychninisirtem Thier; in den meisten Fällen wurden Thonringe als Elektroden benutzt, der eine unterhalb des Kniegelenkes, der andere oberhalb des Tarsalgelenkes. Mit 6 bis 7 Daniell

[1] Eckhard, a. a. O. S. 31.

wurden keine Reflexe im M. gastrocnemius der anderen Seite erzielt, weder bei Schliessung noch bei Oeffnung in beiden Richtungen, ebenso wenig bei Summirung. Reizung desselben Praeparates mit verdünnter Essigsäure zeigte gleichwohl, dass sich Reflexe von der Haut zum M. gastrocnemius der anderen Seite hervorrufen liessen. Dagegen wurden in der gereizten Extremität bei Schliessung und Oeffnung Zuckungen erhalten; diese Zuckungen beruhten jedoch nicht auf Reflex derselben Seite, wenigstens nicht ganz und gar, denn als der Versuch nach Durchschneidung des Nervenstammes wiederholt wurde, so verschwanden sie nicht. Ferner wurden dieselben Versuchsresultate erzielt, wenn alle drei Spinalnerven erhalten waren oder wenn der VII. und IX. abgeschnitten waren.

Versuch 2. Gleichartiger Versuch wie der vorhergehende, am Praeparat von strychninisirtem Thiere; das Praeparat wurde nach vorhergegangenem schwachen Krampfanfall verfertigt. Mit 1 Dan. wurde Schliessungszuckung mit einem Ausschlage von 1·3 mm erzielt; mit 2 Dan. Schliessungszuckung von 8·2 in einer Richtung, und 3·0 mm in der anderen. Mit 2 Dan., der positive Pol näher zur Wirbelsäule, konnte der minimale Reiz zwischen den Rheochordlängen 80 und 100 cm eingeschlossen werden. Die maximale Zuckung, mit steigender Stromstärke untersucht, betrug 10 mm; bei Durchschneidung des Nervus ischiad. auf der sensiblen Seite wurden Reflexzuckungen von 9·5 mm erzielt.

Versuch 3. Praeparate, von nicht strychninisirten Thieren, einige mit intacten Spinalnerven und andere mit VII und IX durchschnitten; Reizung mit Inductionsströmen. Bei Anwendung von Thonringen in derselben Weise wie im vorigen Falle wurden Reflexzuckungen des Muscul. gastrocn. der anderen Seite erzielt, wenn die secundäre Spirale sich ganz dicht an der primären befand, in der Lage 8·0; bei der Lage 8·5 dagegen keine. Als ferner die Lehmringe entfernt und die Elektroden auf denselben Stellen wie im vorigen Falle — d. h. unterhalb des Knie- und oberhalb des Tarsalgelenkes — mit der Haut in Berührung gebracht wurden, so erfolgten Reflexzuckungen erst bei der Lage 6·5, nicht bei 7·0 cm. Schliesslich, als die Elektroden auf den unteren Theil des Nervus ischiad. verlegt wurden, zeigte sich der minimale Reiz bei der Lage der secundären Spirale von 9·5 cm an. — In diesem Versuche waren alle drei Spinalnerven des Praeparates erhalten.

Versuch 1 zeigte also, dass (im Winter und auch im Herbst im Monat November) bei Reizung der Haut mittels constanter Ströme keine Reflexe des Muscul. gastrocn. der anderen Seite erzielt werden, weder durch Schliessung und Oeffnung noch durch Summirung. Da ferner in Versuch 2 am Praeparat von strychninisirtem Thiere mit 2 Dan. nahezu maximale Reflex-

zuckungen erfolgten, so ist verständlich, dass der in den früheren Versuchen angewendete Strom von 6 bis 7 Dan. hinreichend war zur Hervorrufung selbst maximaler Erregungen der sensiblen Nerven, dass sie aber verhindert wurde durch die Reflexapparate hindurchzugehen. Der letzte Versuch wieder zeigt, dass bei Reizung der Haut mit Inductionsströmen Reflexe im Praeparat hervorgerufen werden. Die in diesem Versuch angewandten Stromdichten bei Reizung der Haut und des Nervenstammes können freilich nicht genau beurtheilt und mit einander verglichen werden; jedoch scheint in Frage gestellt werden zu können, ob die Reizung hier nicht von den feinsten Verzweigungen der sensiblen Nerven ausging und nicht von ihren peripherischen Endapparaten in der Haut.

G. Reizung der Haut mittels Wärme.

Nach Grünhagen[1] scheinen keine Untersuchungen über Muskelreflexe von der Haut aus mittels Wärmereizung mehr publicirt worden zu sein; die Ursache dürfte wohl in den hauptsächlich negativen Resultaten derartiger Untersuchungen zu suchen sein, wie aus folgenden Versuchen ersichtlich.

Versuch 1. Praeparat von nicht strychninisirtem Thier. Grützner's Wärmehaken von einer Temperatur von 30° bis 50° und 50° bis 62°, sowie 64° bis 69° C., auf verschiedenen Stellen der Haut, z. B. der Zehen und des Unterschenkels oberhalb des Torsalgelenks applicirt, rief keine Reflexzuckung hervor. Bei Reizung der längsten Zehe mit verdünnter Essigsäure trat gleichwohl Reflexzuckung von 3 ^{mm} ein. — In einigen hierher gehörenden Versuchen wurde erwärmte 1 procentige Chlornatriumlösung als Reizmittel angewandt; die Flüssigkeit wurde bei verschiedener Temperatur mittels Glasstabes der Haut zugeführt; bei niedriger Temperatur wurden auch jetzt keine Reflexe erzielt; dagegen trat bei ungefähr 70° C. Muskelzuckung auf der gereizten Seite ein; diese Zuckungen beruhten auf Reflex von derselben Seite, denn bei Wiederholung des Versuches nach Durchschneidung des Nervenstammes traten sie nicht mehr auf.

Versuch 2. In einem gleichartigen Praeparate von strychninisirtem Thiere wurden bei Anwendung des Wärmehakens mit einer Temperatur von 50°, 60° und 68° C. ebenso wenig Reflexe erzielt.

Versuch 3. Praeparat von nicht strychninisirtem Thiere. Das Glüheisen auf die Haut applicirt ruft gerade merkbare Reflexe im M. gastro-

[1] A. Grünhagen, Otto Funke's *Lehrbuch der Physiologie*. Leipzig 1879, Bd. II. Abth. 1. S. 539.

cnemius der anderen Seite hervor, ferner traten Zuckungen auf derselben Seite auf, und diese beruhten auf einseitigem Reflexe, wie durch dasselbe Verfahren als in Versuch 1 dargethan wurde.

Versuch 4. Das Praeparat von strychninisirtem Thiere war in dem Stadium verfertigt, wo geringe mechanische Eingriffe zum Hervorrufen von Reflexen hinreichten. Bei Reizung mit dem Glüheisen wurden Reflexzuckungen bis zu 8 mm erhalten, sie beruhten aber auf mechanischer Reizung, denn wenn das Glüheisen der Haut vorsichtig genähert wurde, traten auch bei Reizung einer grösseren Hautfläche von einigen Millimetern Breite und 6 bis 7 mm Länge — keine Reflexe von bemerkenswerther Grösse auf.

Hautreizung mit Wärme von niedrigerer Temperatur hat uns also, sogar an Praeparaten von strychninisirten Thieren, negative Resultate gegeben; die positiven Resultate bei höherer Temperatur, wie Versuch 3 und 4 andeuten, können auf Reizung der Nervenfasern in ihrem Verlaufe beruhen.

Vergleicht man die aus den vorhergehenden Versuchen gewonnenen Resultate, so zeigen vielleicht die mit den verschiedenartigen Reizmitteln hervorgerufenen Muskelreflexe an unserem Praeparate nicht so in die Augen fallende Differenzen wie die oben erwähnten Gefässreflexe; auf alle Fälle treten jedoch auch hier Differenzen hervor. Betrachten wir nämlich anfangs nur die Reizungsversuche am N. ischiadicus, so zeigen die Reflexe im M. gastrocnemius der anderen Seite Unterschiede — in quantitativer Beziehung, je nach den verschiedenen Arten von Reizen, die zur Anwendung kommen. Mechanische Mittel, vorerst, rufen keine Reflexe hervor, nicht einmal bei Summirung; Schliessung und Oeffnung des constanten Stromes thut es nur ausnahmsweise, und Summirung mittels des constanten Stromes zu gewissen Jahreszeiten, zu anderen wieder nicht; Wärme dagegen ruft Reflexe, wir können sagen mit ziemlicher Leichtigkeit, hervor, aber die Reflexzuckungen sind von geringer Grösse im Vergleich mit den maximalen Zuckungen, welche der Muskel ausführen kann, und auch diese Reflexe bleiben oft gänzlich aus; Inductionsströme schliesslich geben, wie genugsam bekannt, sogar grosse Reflexzuckungen. In Praeparaten von strychninisirten Thieren wieder, geben auch mechanische Mittel und constante Ströme Reflexzuckungen mit grosser Leichtigkeit oder von maximaler Grösse; während bei Wärmereizung die Reflexe ungefähr dieselbe geringe Grösse beibehalten, wie in Praeparaten von nicht strychninisirten Thieren, und auch gänzlich ausbleiben können.

Was wieder die Reflexe bei Hautreizung betrifft, so werden solche durch verdünnte Essigsäure hervorgerufen; diese Reflexe sind jedoch von sehr

verschiedener Grösse und können nicht selten gänzlich ausbleiben; leichte (nicht schmerzhafte) einfache mechanische Reizung der Haut giebt reine Reflexe, wiederholte derartige Reizung dagegen giebt Reflexe wenn auch ausnahmsweise; Wärmereizung von niedriger Temperatur und ebenso, können wir sagen, der constante Strom geben keine Reflexe. In Praeparaten von strychninisirten Thieren dagegen rufen alle die erwähnten Reizmittel Reflexe hervor, nur für Wärmereizung zeigt das Praeparat wieder dasselbe Verhalten wie ein nicht strychninisirtes.

Wir stellen jetzt hier die Frage auf, wie dieses verschiedene Verhalten der Muskelreflexe, je nach den verschiedenen Reizmitteln, durch welche sie hervorgerufen werden, erklärt werden soll und welche Aufklärung wir dadurch in Beziehung auf die sensiblen Nerven und die Reflexapparate des Rückenmarkes gewinnen.

Selbstverständlich kann die Erklärung in anatomischen oder physiologischen Ursachen gesucht werden; mit anderen Worten, die betreffenden Erscheinungen können auf dem Vorhandensein von mehr oder weniger getrennten anatomischen Bahnen beruhen, die von verschiedenen Reizen in Thätigkeit gesetzt werden; oder sie können auf verschiedenartigen physiologischen Processen beruhen, welche durch die verschiedenen Reizmittel hervorgerufen werden. Die erstere, die anatomische Anschauungsweise ist gegenwärtig als allgemein anerkannt zu betrachten, freilich nicht für die Erklärung der Reflexe — denen hat man in dieser Beziehung bis jetzt nur sehr geringe Aufmerksamkeit gewidmet — wohl aber für die Erklärung von Sinnesempfindungen; die Theorie von den specifischen Energien ist gerade eine derartige anatomische Anschauungsweise. Letztere, die physiologische Anschauungsweise, ist bisher kaum mehr als eine Möglichkeit angedeutet, aber zugleich gewöhnlich als keiner Aufmerksamkeit werth, zurückgewiesen worden. Wir stellen hier die Aufgabe zu untersuchen, welche von diesen Anschauungsweisen uns eine Erklärung der betreffenden Erscheinungen liefern kann; zu dem Zweck nehmen wir vorerst die anatomische Anschauungsweise als Grundlage an, wie sie nämlich in der Theorie von den specifischen Energien zur Erklärung von den Gefühlsempfindungen definirt ist. Sodann unterwerfen wir die physiologische Anschauungsweise einer näheren Prüfung.

Kann also das verschiedene Verhalten der Muskelreflexe durch die Theorie von den specifischen Energien erklärt werden? Berücksichtigen wir vorerst nur die Reflexe von den peripherischen Endapparaten der Gefühlsnerven in der Haut, so können die hierhergehörenden Erscheinungen durch die Annahme von verschiedenartigen specifischen Reflexapparaten im

Rückenmark erklärt werden, auf dieselbe Weise wie die Theorie das Vorhandensein von specifischen Centralapparaten im Gehirn voraussetzt. Die Nervenfasern oder Nervenfibrillen, welche an der Peripherie durch Druck in Thätigkeit gesetzt werden, würden also mit einer besonderen Art von Reflexapparaten im Rückenmarke in Verbindung stehen; die Nervenfasern welche die Wärmeempfindungen vermitteln, würden mit einer anderen Art von Reflexapparaten verbunden sein; die Consequenz würde wohl auch besondere Schmerzfasern mit dazugehörigen eigenthümlichen Reflexapparaten im Rückenmarke erfordern; und das Vorhandensein derartiger Schmerzfasern ist auch bisweilen angenommen worden. Diese verschiedenen Arten von Reflexapparaten endlich würden nach dieser Anschauungsweise ihre specifischen Eigenschaften in der grösseren oder geringeren Leichtigkeit zeigen, mit der die Erregung in den sensiblen Nerven durch sie hindurch auf die motorischen Nerven fortgepflanzt wird, und auch in der verschiedenen Weise, in der sie durch von aussen einwirkende Ursachen, z. B. bei Strychninvergiftung, verändert werden. Die Verschiedenheiten der Muskelreflexe bei Reizung der sensiblen Nerven an der Peripherie könnten also in Uebereinstimmung mit der Theorie von den specifischen Energien erklärt werden. Schwierigkeiten entstehen aber, wenn es gilt auch das Verhalten der Reflexe bei Reizung der sensiblen Nervenstämme zu erklären. Die oben angewandten Reizmittel — mechanische, elektrische, thermische — reizen nämlich, wie oben hervorgehoben, die sensiblen Nervenfasern; nun legt aber diese Theorie allen sensiblen Nervenfasern dieselbe Beschaffenheit und dieselbe Erregungsweise bei, wie und wo auch die Reizung geschehe; unter solchen Verhältnissen müssten die genannten Reize bei Einwirkung auf denselben Nervenstamm alle dazu gehörigen sensiblen Nervenfasern reizen, und ferner müssten sie — wenigstens bei maximaler Reizung — denselben Effect hervorrufen. Mit wenigen Worten, wenn die genannten Voraussetzungen richtig wären, so müssten die Muskelreflexe in unserem Praeparate in derselben Weise verlaufen, wenn sie von verschiedenen Reizen von maximaler Grösse hervorgerufen werden; dies müsste der Fall sein in Praeparaten von gesunden Thieren, und ebenso in solchen von strychninisirten. In beiden Fällen zeigen doch die Versuche Differenzen, und diese Differenzen scheint die Theorie von den specifischen Energien und specifischen Reflexapparaten nicht erklären zu können. Warum pflanzt sich z. B. eine Erregung von mechanischen Ursachen gar nicht, dagegen eine solche in Folge von Wärme ziemlich leicht durch die Reflexapparate auf die motorischen Nerven fort? wenn nämlich das Praeparat von gesunden Thieren verfertigt ist. Oder warum sind die Verhältnisse in Praeparaten von strychninisirten Thieren beinahe umgekehrt? im letzteren Falle geht nämlich die Erregung in Folge von mechanischen Ursachen mit grösster Leichtigkeit durch den Reflexapparat, während da-

gegen die Reflexe bei thermischer Reizung ungefähr auf dieselbe Weise verlaufen wie in nicht strychninisirten Praeparaten. Diese Fragen scheint diese Theorie nicht beantworten zu können, um so weniger als die Theorie erfordern würde, dass sich derartige Differenzen gar nicht fänden.

Da also die Theorie von den specifischen Energien die uns beschäftigenden Erscheinungen nicht erklären zu können scheint, so haben wir alle Ursache die andere oben angedeutete mögliche Erklärungsweise in Betracht zu ziehen, dass dieselben nämlich auf verschiedenen physiologischen Processen beruhen. Die Versuchsresultate scheinen auch unmittelbar zu dieser Anschauungsweise zu führen; sie zeigen nämlich, dass die Reflexapparate sich verschieden verhalten, je nachdem die Erregungen in den sensiblen Nerven auf verschiedene Art hervorgerufen sind; Erregungen in Folge von gewissen Reizen lassen nämlich die Reflexapparate mit Leichtigkeit zu den motorischen Nerven übergehen; solche dagegen in Folge von anderen Reizen nur mit Schwierigkeit oder nur in Ausnahmefällen; und schliesslich Erregungen von noch anderen Reizen lassen die Reflexapparate gar nicht zu den motorischen Nerven übergehen. Dieses ungleiche Verhalten wird durch die Reactionen des Reflexpraeparates bei Reizung mit dem Inductionsstrome, mit Wärme, dem constantem Strome, sowie mit mechanischen Reizen beleuchtet. Die Erklärung hierfür scheint unmittelbar darin zu liegen, dass die Erregungen von verschiedener Beschaffenheit sind, je nach der verschiedenen Art, durch die sie hervorgerufen werden; und da die anatomische Anschauungsweise, wie sie durch die Theorie von den specifischen Energien näher definirt wird, nicht die gesuchte Erklärung liefert, so muss wohl diese, die physiologische Anschauungsweise, angenommen werden. Danach rufen also die verschiedenen Reizmittel, — mechanische, elektrische, thermische, chemische u. s. w. — bei Einwirkung auf denselben Nervenstamm, verschiedene Arten von Erregung hervor; dasselbe thun sie bei Einwirkung auf die peripherischen Endapparate in der Haut. Diese Erregungen endlich zeigen ihre qualitativen Unterschiede unter anderen in der grösseren oder geringeren Leichtigkeit, mit der sie sich durch dieselben Reflexapparate fortpflanzen, und wir könnten hinzufügen, mit der sie sich auf die naheliegenden Reflexapparate ausbreiten oder irradiiren. Diese qualitativ verschiedenen Erregungen können unmittelbar nicht näher definirt werden; aber diese Auffassung wird ganz sicher erleichtert, wenn man sie mit den qualitativ verschiedenen Oscillationszuständen vergleicht, welche das Licht und die strahlende Wärme zusammensetzen; durch gewisse Medien pflanzen sich nämlich diese Oscillationen mit grosser Leichtigkeit fort; von anderen Medien dagegen werden gewisse Oscillationen am Durchgehen verhindert, und unter anderem gerade hierdurch zeigen diese Oscillationen ihre verschiedene qualitative Beschaffenheit. Ebenso verhält es sich auch mit den

verschiedenen Erregungen; in den Nervenfasern pflanzen sie sich leicht fort, am Passiren durch die Reflexapparate aber werden einige von ihnen verhindert.

Es muss noch Einiges mit Bezug auf die speciellen Fragen, welche im Vorhergehenden berührt worden sind, hinzugefügt werden. Nach dieser Anschauungsweise besitzen die Reflexapparate die Eigenschaft, dass sie gewisse Erregungen der sensiblen Nerven sich mit Leichtigkeit auf die motorischen fortpflanzen lassen. Diese Eigenschaft der Reflexapparate kann als ihre Function bezeichnet werden; denn andere Aufgaben für die Reflexapparate kennen wir, wenigstens gegenwärtig, nicht. Von einer mehr biologischen Auffassung oder vom Standpunkte der cellularen Theorie aus können wir daher sagen, dass gewisse Arten von Erregungen der sensiblen Nerven die Reflexapparate erregen, andere dagegen nicht.

Beurtheilen wir nun die Reizungsverhältnisse in den motorischen Nerven und den quergestreiften Muskelelementen von diesem Standpunkte aus, so begegnen wir gleichen Verhältnissen; die Muskelelemente werden unter anderem von den verschiedenartigen Erregungen der motorischen Nerven gereizt, und hier wirken viel mehr verschiedene Erregungen als Reize, wie für die Reflexapparate; so reizt z. B. eine Erregung in Folge von mechanischen Mitteln nicht die Reflexapparate, wohl aber die quergestreiften Muskelelemente. Aber alle Erregungen der motorischen Nervenfasern wirken doch nicht reizend auf die quergestreiften Muskelelemente; ein Beispiel hierfür bietet die Erregung mittels Wärme; sie reizt nämlich die Muskelelemente nicht oder, richtiger gesagt, sie steht an der Grenze; bei geringer Intensität des Reizes (d. h. bei Wärmereizung von niedriger Temperatur) werden nämlich die quergestreiften Muskelelemente nicht gereizt, und — vor allem — bei grosser Intensität (z. B. Glühhitze) werden dadurch keine Zuckungen von gewöhnlicher maximaler Grösse erzielt. — Dadurch können wir uns einigermaassen klar machen, weshalb die Reflexe bei Reizung mittels Wärme geringe Grösse haben. Einmal würde auch, wenn die Erregung in Folge von Wärme sich in unveränderter Stärke durch die Reflexapparate auf die motorischen Nerven fortpflanzten, dadurch doch nicht dieselbe maximale Zuckung hervorgerufen werden, wie durch andere Reize, da Erregung in Folge von Wärme ein weniger wirksames Reizmittel für die quergestreiften Muskelelemente bildet; dazu aber kommt noch, dass die Erregung in den Reflexapparaten einem abnormen Widerstande begegnet, der überwunden werden muss; dadurch wird die Intensität der Erregung und damit auch die Wirkung, welche diese auf die Muskelelemente ausübt, vermindert.

Denselben Verhältnissen begegnen wir auch bei den glatten Muskelelementen und den secernirenden Zellen, von denen wir — wie am Anfang

dieses Artikels erwähnt — durch Grützner wissen, dass sie durch Wärme nicht zur Thätigkeit gereizt werden.

Was schliesslich die Erklärung der Gefühlsempfindungen nach dieser Anschauungsweise betrifft, so ist es selbstverständlich, dass sie in den ungleichen Erregungen zu suchen ist; die verschiedenen Qualitäten, welche den Erregungen, je nach den verschiedenen Reizen durch die sie hervorgerufen werden, zukommen, sind die Zeichen in den Centralapparaten der sensiblen Nerven, von denen die Psyche auf die Qualität des Reizes schliesst; die Stärke der Erregung wieder, ist das physiologische Zeichen für die Stärke des Reizes. — Die übrigen Sinnesempfindungen stehen ausserhalb der Grenzen dieser Abhandlung.

Es liegt in der Natur der Sache, — und ist im nächst Vorhergehenden schon angedeutet worden, — dass diese Anschauungsweise, wenn sie richtig ist, auch anderswo hervortritt, ausser in der Gruppe von Erscheinungen, welche die nächste Veranlassung zur Bildung derselben gaben; im Folgenden kommen wir an einigen Stellen auf diese Anschauungsweise zurück.

2. Die Reflexe zum M. gastrocnemius werden durch das ganze Rückenmark vermittelt.

Im Verlauf der vorhergehenden Untersuchungen zeigte sich bei einigen Beobachtungen, dass die Muskelreflexe in dem hier angewandten Praeparate und in Reflexpraeparaten von enthaupteten Thieren verschieden verlaufen; besonders deutlich traten derartige Differenzen bei Reizung mittels Wärme und auch bei Anwendung von mechanischen Reizmitteln hervor. In dem oben angewandten Praeparate ruft nämlich Wärme (das Glüheisen) bei Einwirkung auf den N. ischiadicus Reflexzuckungen von nur 3, 2, 1 ^{mm} hervor, und oft genug konnten die Reflexzuckungen auch ganz und gar ausbleiben; in Praeparaten von enthaupteten Thieren dagegen, treten unter denselben Verhältnissen heftige Reflexzuckungen im ganzen Körper auf; mechanische Mittel wieder geben in dem oben angewandten Praeparate bei Einwirkung auf den N. ischiadicus keine Reflexe, während dadurch an enthaupteten Thieren sogar grosse Reflexzuckungen in den drei übrigen Extremitäten erzielt werden, besonders, wenn der N. ischiadicus so hoch herauspraeparirt wird, dass das mechanische Mittel (z. B. Kneifen oder Unterbindung mit Faden) auf den Plexus wirken kann. — Die Ursache dieser Unterschiede kann in der Blutcirculation gesucht werden, die ja in Praeparaten von enthaupteten Fröschen, einigermaassen wenigstens, erhalten ist; sie kann auch — zum Theil wenigstens — darauf beruhen, dass bei enthaupteten Thieren das Rückenmark in seiner ganzen Ausdehnung im Praeparate erhalten ist und dass dadurch mehrere Reflexbahnen bei den

Reflexen zusammenwirken. Nur dem letzteren Umstande widmen wir hier unsere Aufmerksamkeit; zu diesem Zwecke haben wir vorerst Parallelversuche an zwei Praeparaten angestellt, die sich nur dadurch von einander unterschieden, dass in dem einen das Rückenmark in seiner ganzen Länge erhalten, im anderen dagegen im dritten Wirbel durchschnitten war; in beiden waren die Eingeweide herausgenommen; und in beiden war die Haut erhalten oder aber in beiden entfernt. Die Reizungen schliesslich geschahen mit denselben Mitteln unter möglichst gleichen Verhältnissen, d. h. auf denselben Stellen mit derselben Stärke und nach gleich langen Intervallen. Vorerst theilen wir hier zwei solche Parallelversuche, an hautbekleideten Praeparaten, mit Wärme (Ferr. cand.) als Reizmittel, mit. Die Praeparate wurden neben einander gestellt und die Reizungen wurden alternirend auf denselben Stellen ausgeführt, um die Resultate unmittelbar vergleichen zu können.

Versuch 1. Der Frosch wurde enthauptet, die oberen Extremitäten entfernt, die Eingeweide herausgenommen und das Praeparat mittels eines Hakens aufgehängt.

Das Ferr. cand. auf der Plantarseite der längsten Zehe gab beiderseitige Reflexe, jedoch auf der entgegengesetzten Seite schwächer.

Das Ferrum cand. auf der Dorsalfläche des Fusses in grosser Ausdehnung gab doppelseitige Reflexe.

Ebenso auf dem Unterschenkel doppelseitige Reflexe.

Ebenso auf der Dorsalfläche des Fusses doppelseitige Reflexe.

Das Ferr. cand. auf dem freipraeparirten N. ischiadicus gab doppelseitige Reflexe.

Versuch 2. Ganz dieselbe Anordnung wie im vorhergehenden Versuche, nur die Wirbelsäule und das Rückenmark waren im dritten Wirbel durchschnitten.

Das Ferr. cand. auf der Plantarseite der längsten Zehe gab einseitige Reflexe, kaum merkliche Zuckung auf der entgegengesetzten Seite.

Das Ferrum cand. auf der Dorsalfläche des Fusses in grosser Ausdehnung gab einseitige Reflexe.

Ebenso auf dem Unterschenkel Reflex derselben Seite, kaum merklich auf der anderen.

Ebenso auf der Dorsalfläche des Fusses starker Reflex auf derselben Seite, schwächer auf der anderen.

Das Ferr. cand. auf dem freipraeparirten N. ischiadicus gab keine Reflexe auf der anderen Seite.

Abgesehen davon, wie die Reflexbewegungen im Uebrigen ausfielen, zeigen diese Parallelversuche, dass bei Reizung der Haut des einen Fusses

oder Unterschenkels oder des N. ischiadicus mit dem Glüheisen im Allgemeinen doppelseitige Reflexe hervortreten, wenn das ganze Rückenmark im Praeparate erhalten ist; dagegen gehören Reflexzuckungen auf der entgegengesetzten Seite zu den Ausnahmen oder sind schwächer, wenn unter sonst gleichen Verhältnissen das Rückenmark in der Höhe des dritten Wirbels durchschnitten ist.

Diese Versuche vervollständigen wir noch durch folgende zwei Parallelversuche an hautlosen Praeparaten, in denen sowohl Wärme wie mechanische Mittel als Reiz angewandt wurden.

Versuch 3. Nach der Enthauptung und Entfernung der Eingeweide wurde die Haut abgezogen und zugleich die Zehen abgeschnitten, um die Haut ganz und gar vom Praeparate zu entfernen.	Versuch 4. Ganz dieselbe Anordnung wie in Versuch 3, nur war das Rückenmark in der Höhe des dritten Wirbels durchschnitten; das Praeparat war, wie das vorhergehende, an einem Haken aufgehängt.
Das Ferr. cand. auf der Plantarseite des Fusses gab doppelseitige Reflexe.	Das Ferr. cand. auf der Plantarseite des Fusses gab nur Reflexe auf derselben Seite.
Das Ferr. cand. auf der Dorsalseite des Fusses gab heftige doppelseitige Reflexe.	Das Ferr. cand. auf der Dorsalseite des Fusses gab keine Reflexe; bei Wiederholung lange nachher Reflex auf derselben Seite.
Das Ferr. cand. auf dem Unterschenkel am M. tibialis-anticus gab starke doppelseitige Reflexe, aber sie traten erst lange nachher auf.	Das Ferr. cand. auf dem Unterschenkel am M. tibialis-anticus gab keine Reflexe.
Das Ferr. cand. auf dem M. gastrocnemius gab doppelseitige Reflexe.	Das Ferr. cand. auf dem M. gastrocnemius gab schwache Reflexe auf derselben Seite.
Kneifen des Fusses mit der Pincette gab doppelseitige Reflexe.	Kneifen des Fusses mit der Pincette gab keine Reflexe.
Kneifen des M. gastrocnemius gab doppelseitige Reflexe.	Kneifen des M. gastrocnemius gab keine Reflexe.
Bei Wiederholung dieselbe Wirkung.	Bei Wiederholung keine Wirkung.

Bei weiterer Wiederholung wieder doppelseitige Reflexe.

Der N. ischiadicus wurde lospraeparirt und mit der Pincette gekniffen. Reflex auf der anderen Seite.

Das Ferr. cand. auf dem N. ischiadicus gab Reflexe auf der anderen Seite.

Bei weiterer Wiederholung ebensowenig eine Wirkung.

Der N. ischiadicus wurde frei praeparirt und mit der Pincette gekniffen, ohne dass Reflex auf der anderen Seite eintrat.

Das Ferr. cand. auf dem N. ischiadicus gab keinen Reflex auf der anderen Seite.

Diese Versuche zeigen, dass die Erscheinungen auf dieselbe Weise verlaufen wie in den vorhergehenden Versuchen 1 und 2, auch wenn die Wärmereizung an den feineren Verzweigungen der Nervenstämme geschieht: sie zeigen ferner, dass nicht nur Wärme, sondern auch mechanische Reizmittel bei Einwirkung auf den einen N. ischiadicus Reflexe in der anderen hinteren Extremität hervorrufen kann, wenn das Rückenmark im Praeparate erhalten ist. — Der obere Theil des Rückenmarkes übt also einen sehr wesentlichen Einfluss auf die in Rede stehenden Reflexe aus; unsere Versuche deuten auch schon an, wie dieses geschieht; zu den Reflexbahnen, welche im ursprünglichen Praeparate durch den unteren Theil des Rückenmarkes vermittelt werden, kommen im Praeparat mit ganzem Rückenmark andere Reflexbahnen, welche durch den oberen Theil des Rückenmarkes vermittelt werden. Mit anderen Worten, die Versuche deuten an, dass in Praeparaten mit Erhaltung des ganzen Rückenmarkes die Reflexe vom einen N. ischiadicus zum anderen durch zwei Gruppen von Reflexbahnen vermittelt werden, die eine unterhalb der Schnittstelle durch den dritten Wirbel, die andere oberhalb derselben. Um diese Verhältnisse näher zu prüfen, gehen wir zu myographischen Versuchen über, vorerst mit Inductionsströmen als Reizmittel.

Versuch 5. (Inductionsströme als Reizmittel). Das ursprüngliche Reflexpraeparat, jedoch mit vollständig erhaltenem Rückenmarke, wurde im Myographion aufgestellt; die Reizung geschah mit Inductionsströmen und die unpolarisirbaren Elektroden wurden auf den unteren Theil des N. ischiadicus gestellt. Die Untersuchung ging vorerst darauf aus, den minimalen Reiz zum Hervorrufen von Reflexen im M. gastrocnemius der anderen Seite zu bestimmen; dieser wurde gefunden bei einem Abstande von 26 ^{cm} zwischen beiden Spiralen; bei einem Abstande von 27 ^{cm} traten nämlich keine Reflexe auf. Hierauf wurde das Rückenmark in der Mitte des dritten Wirbels durchschnitten; und als jetzt der Versuch erneuert wurde

traten keine Reflexe auf. Schliesslich wurde die secundäre Spirale der primären genähert und es zeigte sich, dass bei einem Abstande von 9 cm zwischen den Spiralen wieder Reflexe des M. gastrocnemius erfolgten.

Die oben gegebene Erklärung muss also anerkannt werden; in Praeparaten mit vollständig erhaltenem Rückenmarke werden die Reflexe wenigstens durch zwei Bahnen im Rückenmarke vermittelt, die eine oberhalb der Schnittstelle, die andere unterhalb derselben; zugleich zeigt dieser Versuch, dass durch die erste dieser Bahnen die Erregung vom N. ischiadicus aus schon bei geringerer Intensität des Reizmittels fortgepflanzt wird.

Der letzte Umstand, dass die obere, längere Reflexbahn bei geringerer Intensität des Reizes von der Erregung zurückgelegt wird, bedarf einer näheren Erörterung; sollte dieses vielleicht darauf beruhen, dass die Querleitung durch die Reflexapparate des Rückenmarkes in den verschiedenen Theilen des Rückenmarkes ungleichen Widerständen oder Hindernissen begegnet, nämlich in der erwähnten oberen Bahn weniger Hindernissen als in der unteren? Oder treten ähnliche Verhältnisse ein, auch wenn die Erregung von einem N. brachialis auf den anderen übergeht? Zur Beantwortung dieser Fragen untersuchen wir die Reflexverhältnisse, bei Reizung des einen N. brachialis oder eines seiner Aeste. Zu diesem Zwecke folgen die Versuche (6 und 7).

Versuch 6. (Reizung des N. ulnaris mit Inductionsströmen). Das Thier wurde enthauptet, die Eingeweide herausgenommen, die Haut abgezogen und an den Extremitäten zugleich Finger und Zehen entfernt, um das Entstehen von Reflexen durch Hautreizung zu verhindern (da beim Abziehen der Haut kleine Hautfetzen an diesen Stellen zurückbleiben). Der N. ulnaris wurde mit Faden umbunden und freigelegt, um auf zwei Metallelektroden gelegt werden zu können, die mit der secundären Spirale des Inductionsapparates in Verbindung gesetzt waren. Vorerst wurde der minimale Reiz zur Hervorrufung von Reflexen in der anderen vorderen Extremität gesucht und bei einer Lage von 46 cm gefunden; bei dieser Lage traten zugleich Reflexzuckungen in beiden hinteren Extremitäten auf, und bei der Lage von 43 cm traten die Reflexe noch deutlicher hervor. Dann wurden successive der IX., VIII. und VII. Wirbel nebst Rückenmark durchschnitten und nach jeder Durchschneidung geprüft, ob mit dem zuletzt angewandten Reize, Reflexe in der vorderen Extremität der entgegengesetzten Seite hervorgerufen werden konnten. In den beiden ersten Fällen wurden solche auch erhalten; nach Durchschneidung des VII. Wirbels dagegen — in einigen Versuchen des VI. — rief der angewandte Reiz keinen Reflex mehr in der anderen vorderen Extremität hervor. — Der Zusammenhang zwischen beiden N. brachiales war gleichwohl nach dieser Durchschneidung

im Praeparate noch erhalten, da — nach Masius und Vanlair — die Reflexcentren für die Vorderextremitäten des Frosches ungefähr an der Austrittstelle des II. und III. Spinalnerven liegen, also bedeutend oberhalb der Durchschnittstelle des Rückenmarkes.[1] Der Versuch wurde daher fortgesetzt, um zu sehen, ob bei erhöhter Stromstärke Reflexe wieder hervorgerufen werden könnten; dies geschah auch bei einer Lage der secundären Spirale von 15 cm. — Schliesslich wurde Reflexzuckung bei einer Lage der sec. Spirale von 12 cm hervorgerufen, darauf der N. brachialis durchschnitten; bei Wiederholung des Reizungsversuches wurde keine Muskelzuckung in der anderen Extremität erzeugt.

Versuch 7. (Reizung des N. brachial. durch Inductionsströme). Anordnung dieselbe wie im vorigen Falle. Der N. brachialis wurde in der Brusthöhle unterbunden, (wodurch Zuckungen in allen Extremitäten auftraten. Der minimale Reiz wurde bei der Lage von 46 cm erhalten, wobei Reflexzuckungen in der anderen vorderen Extremität auftraten; bei der Lage von 43 cm traten Reflexzuckungen auch in den hinteren Extremitäten auf; ebenso bei 40 cm. Bei der letztgenannten Lage der secundären Spirale wurde der VII. Wirbel durchschnitten, und als jetzt der Reizungsversuch mit dem zuletzt angewandten Reize erneuert wurde, traten keine Reflexzuckungen in der anderen Vorderextremität auf. — Darauf wurden die Spirale einander genähert und die Reizungen wiederholt; bei einer Lage von 37 cm erfolgten noch keine Reflexe in der anderen Extremität, ebenso wenig bei einer Lage von 27 cm; erst bei 17 cm traten wieder schwache Reflexzuckungen auf und bei 7 cm starke. — Nach einigen anderen Versuchen wurden schliesslich die secundäre Spirale wieder auf eine Entfernung von 17 cm gebracht; bei dieser Lage konnten fortfahrend Reflexzuckungen in der anderen Vorderextremität hervorgebracht werden; hierauf wurde der N. brachialis in der Nähe des Rückenmarkscanales durchschnitten, und bei Wiederholung des Versuches trat keine Zuckung mehr in der anderen Vorderextremität auf.

Diese Versuche — 6 und 7 — deuten also durchaus nicht darauf hin, dass sich die Erregungen durch die Reflexapparate im oberen Theile des Rückenmarkes leichter fortpflanzen als im unteren Theile; im Gegentheil zeigen sie, dass der untere Theil des Rückenmarkes sich bei Reizung des N. brachialis genau ebenso verhält wie der obere Theil desselben bei Reizung des N. ischiadicus. Mit anderen Worten, auch die Erregung des N. brachialis der einen Seite pflanzt sich auf den N. brachialis der anderen Seite durch zwei verschiedene Reflexbahnen im Rückenmarke fort, der eine

[1] Vergl. C. Eckhard, Hermann's *Handbuch der Physiologie*. Bd. II. Th. 2. S. 57.

im unteren Theile desselben, der andere im oberen Theile; aber in diesem Falle, wo die Erregung vom N. brachialis ausgeht, zeigen die Versuche, dass sie sich längs der unteren Bahn leichter oder bei geringerer Intensität des Reizes fortpflanzt als längs der oberen. — Die Reflexe zeigen also dasselbe Verhalten, sie mögen nun vom N. ischiadicus oder vom N. brachialis hervorgerufen werden; in beiden Fällen kann der Reflex zur Extremität der entgegengesetzten Seite durch zwei Bahnen im Rückenmarke vermittelt werden; und es zeigt sich zugleich das eigenthümliche Verhalten, dass in beiden Fällen die ohne Zweifel längere Bahn von der Erregung leichter oder bei geringerer Intensität des Reizmittels zurückgelegt wird. — Was im Uebrigen die Lage dieser Reflexbahnen betrifft, so scheinen die Versuche anzudeuten, dass der Uebergang von einer Seite zur anderen oder die Querleitung durch das Rückenmark durch die sogenannten Reflexcentren zwischen den Extremitäten vermittelt wird; in Bezug auf die Längsleitung durch das Rückenmark dürfen wir wohl bis auf Weiteres beide Bahnen als zusammenfallend betrachten, die Erregung möge vom N. ischiadicus oder N. brachialis ausgehen.

Wir untersuchen jetzt, ob die Verhältnisse sich ebenso gestalten, wenn die Reflexe von den Nervenstämmen mit mechanischen Mitteln, dem constanten Strome und Wärme hervorgerufen werden. Wir theilen hier nur einige wenige Versuche für jede Gruppe von Reizen mit.

V e r s u c h 8 (mit mechanischen Mitteln). Das Praeparat, wie in Versuch 6 hergestellt, war mit einigen Nadeln in horizontaler Lage befestigt. Als hier eine der Extremitäten mit der Scheere durchschnitten wurde, traten Reflexzuckungen in den drei übrigen Extremitäten auf. — In einem derartigen Versuche war der eine M. gastrocnemius im Myographion fixirt und die Vorderextremität der entgegengesetzten Seite wurde mehrere Male hintereinander durchschnitten; die dadurch hervorgerufenen Reflexzuckungen gaben Ausschläge von 10·4, 10·6, 5·6, 10·9, 9·4, 6·7 und 11·0^{mm}. — Ebenso wurden Reflexzuckungen in den drei übrigen Extremitäten erzielt, wenn der N. ischiadicus oder der N. brachialis mit der Pincette gekniffen wurden; auch genügte bei Führung eines Fadens unter den Nervenstamm, ehe dieser von seiner Umgebung gelöst war, ein Ziehen am gespannten Faden zum Hervorrufen von Reflexen der übrigen Extremitäten. Bisweilen traten solche Reflexe auch bei Unterbindung des Nervenstammes mit einem Faden auf (z. B. im vorhergehenden Versuche 7, wie in der Beschreibung oben bemerkt); und in einzelnen Fällen trat dieses auch bei Durchschneidung des Nervenstammes, am besten in der Nähe des Plexus ein. Dagegen wurde, sobald das Rückenmark in der Höhe des dritten Wirbels durchschnitten wurde, durch keines dieser Mittel Reflex hervorgerufen.

Derartige Versuche mit mechanischen Mitteln sind für diese Frage von Interesse, da — wie wir oben fanden und wie der letzte Theil dieses Versuches zeigt — mit keinem dieser mechanischen Mittel Reflexe in dem von uns ursprünglich gebrauchten Praeparate, d. h. sobald das Rückenmark im dritten Wirbel durchschnitten ist, hervorgerufen werden konnten. Die Versuche zeigen also, mit kurzen Worten, dass Erregung in einem sensiblen Nervenstamme in Folge von mechanischen Mitteln sich durch das entferntere Reflexcentrum fortpflanzt, aber nicht durch das nähere; die Versuche zeigen ferner, dass die Reflexe des M. gastrocnemius hierbei die Grösse von 10—11 mm, d. h. maximale Werthe, erreichen können. — Die Veränderungen der Reflexzuckungen bei wiederholter Reizung deuten ferner auf nicht sehr grosse Dauerhaftigkeit des Praeparates.

Versuch 9. (Constanter Strom als Reizmittel.) Am ersten mag hier erwähnt werden, dass es mir nicht gelungen ist, an enthaupteten Thieren durch Schliessung oder Oeffnung des constanten Stromes Reflexzuckungen vom N. ischiadicus aus hervorzurufen; in dieser Beziehung sollte man — in Uebereinstimmung mit Setschenow's oben in Artikel 1 A erwähnten Untersuchungen — ein entgegengesetztes Verhalten erwartet haben. Vielleicht dass dieses Verhalten auf einer ungünstigen Jahreszeit beruhte; alle hier aufgenommenen Versuche wurden nämlich im Winter ausgeführt.

An einem auf dieselbe Weise wie in Versuch 6, 7 und 8 verfertigten Praeparate liessen wir den constanten Strom mittels unpolarisirbarer Elektroden auf den N. ischiadicus einwirken. Durch Schliessung und Oeffnung wurde auch jetzt keine Reflexzuckung erzielt, wohl aber durch Summirung (mit 2 bis 3 Daniell). Als darauf das Rückenmark wie oben durchschnitten wurde, konnte durch Summirung kein Reflex hervorgerufen werden, wie wir auch aus der vorhergehenden Untersuchung, unter der Rubrik 1 B, erfahren haben.

In der Hauptsache treten also hier dieselben Verhältnisse hervor, wie bei mechanischer Reizung; Summirung mittels des constanten Stromes ruft wohl im Praeparat mit ganzem Rückenmarke Reflexe hervor, aber nicht nach Durchschneidung des Rückenmarkes zwischen fraglichen Reflexcentren. (Zu bemerken ist, dass im Sommer der letztere Theil des Versuches — wie oben unter Rubrik 1 B. hervorgehoben — anders ausfällt.) Hiermit versteht man, dass die Reflexe, welche bei Summirung hervortreten, von den entfernteren Reflexcentren oder von Reflexbahnen oberhalb der Schnittstelle vermittelt werden.

Versuch 10. (Reizung durch Wärme). Dieselbe Anordnung wie in den vorhergehenden Versuchen 6, 7, 8 und 9. Die Reizungen wurden mit

Grützner's Wärmehaken am N. ischiadicus ausgeführt. Bei 47° C. erfolgte kein Reflex noch Zuckung im M. gastrocnemius der gereizten Seite; bei 58° dasselbe Verhalten; bei 73° traten schwache fibrilläre Zuckungen im M. gastrocnemius der gereizten Seite, und gleichzeitig tetanische Reflexzuckungen im anderen M. gastrocnemius auf, welche einen Ausschlag von 9 ^{mm} gaben. — Darauf wurde das Rückenmark auf der oft erwähnten Stelle durchschnitten, und als nun die Reizung mit einer Temperatur von 75° erneuert wurde, zeigte der M. gastrocnemius der gereizten Seite dasselbe Verhalten wie im vorigen Falle; auf der entgegengesetzten Seite dagegen traten Reflexzuckungen auf, aber sie gaben jetzt einen Ausschlag von nur 2·3 ^{mm}. — In einem anderen derartigen Versuche erfolgten durch eine Temperatur von 60° keine Reflexe, ebensowenig bei 73°; bei 79° dagegen Reflexzuckung von 10 ^{mm}; bei Wiederholung des Reizes mit 72° kein Reflex, und bei erneuertem Versuch mit 78° eine Reflexzuckung von 6 ^{mm}. Nach Durchschneidung des Rückenmarkes wurde hierauf bei 78 und 79° kein Reflex erzielt; dasselbe negative Verhalten zeigten bei derselben Gelegenheit auch einige neue Praeparate, welche im dritten Wirbel durchschnitten und vorher nicht gereizt worden waren.

Versuch 11. (Reizung mittels Wärme). Dieselbe Anordnung wie in den vorhergehenden Versuchen; die Reize wurden mit dem Glüheisen ausgeführt; bei wiederholten Reizungen nach je einigen Secunden erfolgten Reflexzuckungen von bez. 9·9, 9·9, 9·9, 9·8, 10·0, 0, 0, 10·0; nach Durchschneidung des Rückenmarkes, keine. — In anderen gleichzeitigen Versuchen an Praeparaten, die im dritten Wirbel durchschnitten und vorher nicht gereizt worden waren, wurde bei der ersten Reizung eine Reflexzuckung von ungefähr 1 ^{mm} Grösse und bei Wiederholung kein Effect erzielt. — Es mag hinzugefügt werden, dass beim ersten Versuche schliesslich auch der motorische Nervenstamm mit dem Glüheisen an verschiedenen Stellen gereizt wurde; dabei wurden Zuckungen erhalten von 2·8, 5·8, 1·4, 5·2, 1·3, 7·0, 0·8 ^{mm}. In einem anderen Versuche wurden auf dieselbe Weise vom motorischen Stamme Zuckungen von 7·8, 3·0 und 4·2 ^{mm} erhalten.

Versuch 12. (Wärmereizung.) Praeparat von strychninisirtem Thiere, auf dieselbe Weise verfertigt wie in den vorigen Versuchen. Die Wärmereizung wurde mit einem Platindrahte ausgeführt, der durch einen galvanischen Strom in glühenden Zustand versetzt wurde. Vorerst wurde der N. ischiadicus auf der sensiblen Seite in seinem peripherischen Theile durchschnitten; hiernach wurden nacheinander Reflexzuckungen von 4·5, 5·1 und 4·7 ^{mm} im M. gastrocnemius der anderen Seite erhalten; dann wurden drei

naheliegende Stellen mit glühendem Platindraht gereizt, wodurch Reflexzuckungen von 6·0, 6·0, 3·3 mm hervortraten. Das Rückenmark wurde nun durchschnitten, wodurch eine Zuckung von 4·9 mm; bei darauf vorgenommener dreimaliger Reizung mit glühendem Platindraht traten gerade nur merkbare Reflexzuckungen im untersuchten Muskel auf. — Schliesslich wurde der motorische Nervenstamm alternirend mittels Durchschneidung und glühendem Platindraht gereizt; auf diese Weise erhielten wir durch mechanische Reizung eine Muskelzuckung von 5·2 und durch Wärmereizung 1·4 mm; bei einer Wiederholung des Verfahrens bez. 4·4 und 2·0, sowie bei weiterer Wiederholung 3·8 und 2·2 mm.

Die beiden in Rede stehenden Bahnen vermitteln also auch bei Wärmereizung die Reflexe vom N. ischiadicus zum M. gastrocnemius der anderen Seite, und auch hier pflanzt sich die Erregung durch die obere (entferntere) Bahn leichter als durch die untere fort. Die obere Bahn vermittelte dabei Reflexzuckungen von grosser Stärke (um 10 mm), wir können sagen von derselben maximalen Grösse, welche zur selben Zeit mit anderen Reizmitteln erhalten wurden. Dieser Umstand ist besonders bemerkenswerth, weil die untere Bahn bei gleicher Reizung Reflexzuckungen von nur wenigen Millimetern gab, oder oft genug gar keine — wie auch oben in der Rubrik 1. C hervorgehoben — und weil ferner Reizung des motorischen Nerven unter denselben Verhältnissen, sogar im selben Praeparate Zuckungen von nur 2, 3, 4, 5 und in ganz vereinzelten Fällen 7 mm gab.

Wir fügen den vorhergehenden Versuchen, welche sich auf Reizung des Nervenstammes beziehen, noch einige Versuche hinzu, mit Hinsicht auf Reflexe, die durch Hautreizung hervorgerufen werden.

Versuch 13. (Reizung der Haut mit verdünnter Essigsäure). Im Praeparat war die Haut auf der ganzen einen Extremität erhalten; im Uebrigen war es auf dieselbe Weise wie in den nächst vorhergehenden Versuchen verfertigt. Bei Reizung des Fusses mit verdünnter Essigsäure erfolgte Reflexzuckung von 6·5 mm; die gereizte Stelle wurde abgewaschen und das Rückenmark durchschnitten; bei darauf vorgenommenen erneuerten Reizungen erfolgten Reflexzuckungen von geringer Grösse, oder gar keine Wirkung. — In einem anderen gleichartigen Versuche erfolgte von der längsten Zehe Reflexzuckung von 9·0 mm. Die Zehe wurde unmittelbar darauf abgeschnitten, darauf auch das Rückenmark durchgeschnitten, bei jetzt erneuerter Reizung am metatarsalen Theile des Fusses erfolgte im M. gastrocnemius eine Reflexzuckung von 7·0 mm. — In einem ähnlichen Versuche wurde von der Plantarfläche des Fusses, Reflex von 6·2 mm erzielt und bei Erneuerung des Versuches nach vorhergegangener Abwaschung, Zuckung von 10·6 mm, dann wurde das Rückenmark durchschnitten, wobei

eine Zuckung von 10·5^{mm} am fraglichen Muskel hervortrat; bei darauf erneuerter Reizung mit Essigsäure wurde an keiner Stelle Reflex des M. gastrocnemius der anderen Seite erzielt.

Bei Reizung der Haut mit verdünnter Essigsäure scheinen also dieselben Verhältnisse hervorzutreten, wie bei Reizung des Nervenstammes mit mechanischen, elektrischen und thermischen Reizmitteln.

Versuch 14 (Reizung der Haut mit mechanischen Mitteln). Anordnung dieselbe wie im vorhergehenden Versuch. Berührung der Haut, Bestreichen mit dem Pinsel oder Glasstab gab keinen Reflex; Kneifen mit der Pincette, ja sogar Durchschneidung mit der Scheere, gab keinen Reflex im M. gastrocnemius der anderen Seite. In einem derartigen Versuche wurden jedoch bei Kneifen der Schwimmhaut mit der Pincette Reflexzuckungen von 9·5, 9·6, 8·9^{mm} erzielt; nachher aber, nach Durchschneidung des Rückenmarkes, bei erneuerter Reizung an verschiedenen Stellen, konnte kein Reflex im M. gastrocnemius hervorgerufen werden.

Ferner wurde wiederholte (nicht schmerzhafte) Reizung durch mechanische Mittel versucht; zu diesem Zwecke wurde die Haut mehrere Male dicht hintereinander mit einem um den Finger gewickelten Stücke Zeug bestrichen oder leicht gerieben; in einem derartigen Versuche erfolgten von der Dorsalfläche des Fusses in drei aufeinander folgenden Versuchen Ausschläge von 7·0, 9·7 und 4.3^{mm}; als darauf das Rückenmark durchschnitten wurde, erfolgten auf dasselbe Verfahren Ausschläge von 3·4^{mm} und weniger.

Die Versuche zeigen, dass bei einfacher (nicht schmerzhafter) Reizung der Haut, mittels Berührung oder Bestreichens, weder durch die oberen noch durch die unteren Reflexcentren Reflexe zum M. gastrocnemius der der anderen Seite vermittelt werden. Dagegen werden Reflexe durch beide Reflexcentren vermittelt, wenn derartige Reizungen dicht hintereinander wiederholt werden. Ob im letzteren Falle das obere Reflexcentrum die Reflexe leichter vermittelt als das untere, hat durch die hierhergehörenden Versuche nicht ermittelt werden können; vielleicht würden in dieser Beziehung in einer anderen günstigeren Jahreszeit sichere Resultate erhalten werden können. Was schliesslich Hautreizung mit intensiven Reizmitteln (schmerzhaften) wie Kneifen, Durchschneidung etc., betrifft, so gestatten die dabei hervortretenden Erscheinungen keine Schlüsse mit Bezug auf die peripherischen Endapparate der Gefühlsnerven, weil hier zugleich die feinsten Nervenäste gereizt werden; die Erscheinungen z. B., welche bei Reizung der Schwimmhaut mittels Quetschung hervortraten, finden ihre Erklärung in der Reizung der peripherischen Nervenäste.

Versuch 15. (Reizung der Haut mit Wärme). Praeparat von derselben Beschaffenheit wie in den beiden vorigen Versuchen. Mit einem Wärmehaken von 20° bis 70° C. wurde kein Reflex im M. gastrocnemius der anderen Seite erzielt, weder in Praeparaten mit ganzem Rückenmark noch in solchen, wo das Rückenmark im dritten Wirbel durchschnitten war.

Versuch 16. (Reizung der Haut mit Wärme). Praeparat von strychninisirtem Thiere; auf der einen Seite war der Oberschenkel mit Ausnahme des N. ischiadicus entfernt. Die Wärmereizung geschah mit der Flamme einer Stearinkerze. Bei Kneifen der Haut des Fusses erfolgte Reflexzuckung im untersuchten Muskel; der Ausschlag betrug 7·5 mm. Bei Reizung der Haut auf dem Fusse mit der Flamme betrug der Ausschlag gleichfalls 7·7. Darauf wurde das Rückenmark an der oben erwähnten Stelle durchschnitten, wobei Zuckung von 7·0 mm; bei jetzt vorgenommener Reizung der Haut mit der Flamme am Tibio-tarsal-Gelenke, erfolgte Reflexzuckung von 0·7, und bei Einwirkung der Flamme auf der Haut der unteren Hälfte des Unterschenkels minimale Reflexzuckung. — Schliesslich wurden auch die Nervenstämme mit der Flamme gereizt; vom unteren Theile und der Plexusgegend des sensiblen Nervenstammes wurde dabei kein Reflex hervorgerufen; vom Plexus und der Foss. poplitaea am motorischen Nervenstamme wurden Zuckungen von 5·3 und 4·6 mm erhalten.

Keines der Reflexcentren vermittelt also Reflexe zum M. gastrocnemius bei Reizung der peripherischen Endapparate in der Haut vermittelst Wärme bis 70° C. — Der letzte Versuch (16) ist dagegen nicht geeignet uns in Bezug auf Reizung der peripherischen Endapparate aufzuklären, da hier zugleich die feinsten Nervenäste gereizt werden.

Die vorstehenden Versuche haben somit gezeigt, dass bei Erhaltung des ganzen Rückenmarkes im Praeparate, der Reflex vom N. ischiadicus der einen Seite zum M. gastrocnemius der anderen, durch zwei Bahnen im Rückenmarke vermittelt wird, die eine unterhalb, die andere oberhalb des dritten Wirbels, oder — wenn wir dieselben Ausdrücke wie oben benutzen — der in Rede stehende Reflex wird in diesem Falle nicht nur von den Reflexcentren der hinteren Extremitäten, sondern auch von denen der vorderen Extremitäten vermittelt. Es zeigte sich zugleich, dass dieser Reflex leichter durch das Reflexcentrum vermittelt wird, welches weiter vom gereizten Nervenstamm entfernt ist, und dieses trifft nicht nur bei Reizung des N. ischiadicus ein, sondern auch bei Reizung des N. brachialis wie durch Versuche mit Inductionsströmen und mechanischen Mitteln dargelegt wurde.

Wir nehmen hier noch die schon oben aufgestellte Frage auf, was die Ursache des eigenthümlichen Verhaltens sein kann, dass die Erregung die ohne Zweifel längere Bahn im Rückenmarke leichter oder bei geringerer Intensität des Reizes durchläuft und erst bei stärkerer Reizung durch die kürzere Bahn oder das nähere Reflexcentrum fortgepflanzt werden kann. Diese Ursache könnte wieder in specifischen Nervenapparaten mit ungleichem Leitungsvermögen und ungleichem Widerstande gesucht werden; damit könnten auch die Verhältnisse bei mechanischer und elektrischer Reizung erklärt werden. Aber die Erscheinungen bei Wärmereizung werden dadurch nicht erklärt, denn die vorhergehenden Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Wärmereizung die längere Bahn Reflexzuckungen von derselben maximalen Grösse vermittelt wie bei mechanischen und elektrischen Reizen, dass dagegen eine derartige Reizung des motorischen Stammes Zuckungen von geringerer Grösse giebt. Mit anderen Worten, die Vergrösserung der Muskelzuckungen bei Wärmereizung wird nicht durch specifische Nervenapparate erklärt. Die Theorie über das lawinenartige Anschwellen mit der Länge des Weges würde hier eine Erklärung liefern, aber diese Theorie ist als aufgegeben anzusehen. Unter solchen Umständen dürfte die Erklärung in einer qualitativen Veränderung der Erregung während der Fortpflanzung durch das Rückenmark zu suchen sein. Wir suchen also die Erklärung darin, dass die — abnormen oder pathischen — Erregungen, welche mechanische, elektrische, thermische Reizmittel in den sensiblen Nervenstämmen hervorrufen, nicht als solche durch die Reflexapparate des Rückenmarkes von einer Seite auf die andere fortgepflanzt werden können; dagegen pflanzen sich dieselben Erregungen in der Längsrichtung durch das Rückenmark fort; während dieser Fortpflanzung verändern sie aber allmählich ihre Qualität, so dass sie durch die Reflexcentren des Rückenmarkes auf die andere Seite übergehen können; durch diese Qualitätsveränderung ist besonders Wärmeerregung ein geeigneterer Reiz für Muskelelemente geworden. Die Erklärung kann in folgenden zwei Sätze zusammengefasst werden:

1) Die in Rede stehenden Erregungen begegnen bei der Fortpflanzung im Rückenmarke in der Querrichtung grösseren Hindernissen als in der Längsrichtung, und 2) während der Fortpflanzung durch das Rückenmark verändert sich ihre qualitative Beschaffenheit. — Den ersten dieser Sätze kann man als schon früher bewiesen ansehen durch die Untersuchungen von Wundt, welche gelehrt haben, „dass der Reflex durch die Querleitung verhältnissmässig viel erheblicher als durch die Längsleitung verzögert wird“.[1] Und was

[1] Vergl. A. Grünhagen, a. a. O. Bd. II. Abth. 1. S. 552.

den zweiten Satz betrifft, so enthält er auch nichts der physiologischen Anschauungsweise Fremdes; schon lange sind Erscheinungen beobachtet worden, welche Veranlassung zu der Deutung gegeben haben, dass das centrale Nervensystem eine modificirende Wirkung auf gewisse Erregungen ausüben kann; es ist eine bekannte Beobachtung von du Bois-Reymond und eine zweite von Wundt, welche dieser Ansicht zu Grunde liegt; die hierhergehörenden Verhältnisse sind kürzlich von Eckhard in der oben oft citirten Arbeit referirt worden, und das Endresultat fasst Eckhard in folgende Worte zusammen: „es müssen also, so schliesst man, in den Centraltheilen Apparate vorhanden sein, welche die Wirkungen der künstlichen Reize abändern“.[1]

In der ersten Abtheilung dieses Artikels suchten wir die qualitativen Verschiedenheiten der Erregungen zu beleuchten, durch Vergleich mit den Schwingungszuständen des Lichtes und der strahlenden Wärme; hier möge bemerkt werden, dass auf dieselbe Weise auch die qualitativen Veränderungen, welche gewisse Erregungen im Centralapparate erleiden, mit den Veränderungen verglichen werden können, denen gewisse Schwingungszustände des Sonnenlichtes bei der Fortpflanzung durch sogenannte fluorescirende Medien unterworfen sind.

In einer veränderten qualitativen Beschaffenheit sehen wir also die Erklärung des Phaenomens, dass auch solche Erregungen, welche durch das nähere Reflexcentrum gar nicht fortgepflanzt werden können, durch das entferntere hindurchgehen, unabhängig von der Richtung, in der die Fortpflanzung geschieht. — Die vorstehenden Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass gewisse Erregungen auch durch das nähere Reflexcentrum fortgepflanzt werden; es ergab sich zugleich, dass dieses nur bei stärkerer Reizung oder bei grösserer Intensität der Erregung geschah; dieses war der Fall bei Reizung mit Inductionsströmen und mit Wärme. Die Erscheinungen bei Wärmereizung zeigen zugleich, dass während dieser Fortpflanzung durch das nähere Reflexcentrum die Qualität der Erregung sich nur unbedeutend oder gar nicht verändert; dadurch, und durch eine Verminderung der Intensität in Folge des Widerstandes im Reflexcentrum, sowie schliesslich durch das Verhältniss der Wärmeerregung zu den quergestreiften Muskelelementen wird nämlich die geringe Grösse der Reflexzuckungen in diesem Falle erklärt. In welchem Grade dagegen die Erregung in Folge von Inductionsströmen bei der Fortpflanzung durch das nähere Reflexcentrum in ihrer Qualität unverändert bleibt, deuten unsere Versuche nicht an.

Bevor wir diesen Gegenstand verlassen, mag hinzugefügt werden, dass einige andere Erscheinungen, welche in letzter Zeit bekannt geworden und

---

[1] Eckhardt, a. a. O. S. 22.

im Vorhergehenden auch berührt sind, gleichfalls ihre Erklärung in einer qualitativen Veränderung finden; wir meinen hier zwei Beobachtungen von Grützner, welche sich auf Reizung motorischer Nerven und des Vagus mittels Wärme von ungefähr 50° C. beziehen. Bei derartiger Reizung motorischer Nervenstämme werden die quergestreiften Muskelelemente nicht erregt, wenn der Nervenstamm oberhalb der Reizstelle durchschnitten ist; wohl aber werden die Muskeln durch einseitigen Reflex erregt, wenn der Nervenstamm mit dem Rückenmark in Verbindung steht. Ueber den ersteren Theil des Phaenomens haben wir oben gesprochen (in der ersten Abtheilung dieses Aufsatzes); der letztere Theil des Phaenomens findet wieder seine Erklärung in einer Veränderung der qualitativen Beschaffenheit der Erregung während der Fortpflanzung durch das Rückenmark. — Ebenso verhält es sich mit Reizung des Vagus durch Wärme von 50° C.; nach Grützner zeigt sich hier nämlich das eigenthümliche Verhalten, dass Reizung des peripherischen Endes nicht die bekannte hemmende Wirkung auf die Herzthätigkeit hat; wohl aber hat derartige Reizung des centralen Endes diese Wirkung durch Reflex zum anderen Vagus. Welches die Ursache des ersteren Umstandes sein könnte, lässt sich nicht ausfinden, so lange das Zustandekommen der hemmenden Wirkung überhaupt unbekannt ist; der letztere Theil des Phaenomens dagegen deutet wieder darauf, dass die Qualität der Erregung während der Fortpflanzung von einem Vagus durch die Reflexcentren auf den anderen verändert wird. — Schliesslich mag hier eine Erscheinung erwähnt werden, welche bei Untersuchungen auf dem Gebiete der Nerven- und Muskelphysiologie oft — wir können sagen sehr oft — zu Tage tritt, und — wie man sehen kann — in dem oben genannten Verhältnissen ihre Erklärung findet. Beim Abziehen der Haut zur Herstellung eines Nervenmuskelpraeparates tritt Tetanus im Praeparat auf; dieser Tetanus verschwindet unmittelbar bei Durchschneidung des Rückenmarkes auf der angegebenen Stelle; diesem Tetanus kann sogar ganz vorgebeugt werden, indem der Schnitt durch's Rückenmark vor Abziehen der Haut gemacht wird; — alles Umstände, welche zeigen, dass die Centralapparate im Rückenmarke von wesentlicher Bedeutung für das Entstehen des Phaenomens sind. Die Erklärung scheint uns darin zu liegen, dass beim Abziehen der Haut die feinsten Aeste der Gefühlsnerven auf mechanischem Wege gereizt werden, diese Erregungen der sensiblen Nerven der Extremitäten aber sich nicht durch die näheren Reflexcentren im Rückenmarke fortpflanzen, da — wie wir oben gefunden haben — mechanische Erregungen sich überhaupt nicht durch sie fortpflanzen, wohl aber werden sie — in Uebereinstimmung mit dem, was oben hervorgehoben — mit Leichtigkeit durch die entfernteren Reflexcentren fortgepflanzt und geben damit Veranlassung zu Reflexen und Tetanus. Unter diesen Umständen

verschwindet dieser Tetanus oder wird am Auftreten verhindert, wenn das Rückenmark durchschnitten ist.

Was schliesslich die Erregung von Seiten der peripherischen Endapparate der Gefühlsnerven in der Haut betrifft — um auch dieser Frage mit wenigen Worten zu gedenken — so geben die vorhergehenden Untersuchungen keine Veranlassung zur Auffassung, dass die normalen, nicht schmerzhaften Erregungen, wie sie durch Druck und Wärme hervorgerufen werden, sich während der Fortpflanzung durch das Rückenmark in ihrer Qualität verändern sollten; die Versuche zeigen nämlich, dass einfache Erregung durch mechanische Mittel und Wärme von keinem der Reflexcentren reflectirt wird, und ferner, dass summirte Erregungen durch nicht schmerzhafte mechanische Mittel von beiden Centren reflectirt werden, ohne dass man ausmachen könnte, ob die beiden Centren sich in dieser Hinsicht verschieden verhalten. — Wenn man dagegen aus den Reizungsversuchen mit verdünnter Essigsäure schliessen darf, — welche nicht die Nervenfasern sondern nur die peripherischen Endapparate reizt, und als Erzeuger abnormer oder schmerzhafter Erregung angesehen werden muss, — so scheinen schmerzhafte Erregungen der Haut vom entfernteren Reflexcentrum leichter reflectirt zu werden; unter solchen Umständen scheint uns auch diesen Erregungen die Eigenschaft, sich während der Fortpflanzung durch das Rückenmark zu verändern, zuzuschreiben sein. Hiermit verlassen wir diesen Gegenstand, der noch weiterer Prüfung unter günstigeren Verhältnissen bedarf, wie oben bei Beschreibung der Versuche mit Bezug auf Reflexe von der Haut aus hervorgehoben wurde.

Die Erklärung, welche wir den oben besprochenen Phaenomenen gegeben haben, lässt sich schliesslich in folgende zwei Sätze zusammenfassen:

Den Erregungen kommen (im Allgemeinen) qualitative Verschiedenheiten zu, je nachdem sie durch verschiedenartige Reize hervorgerufen werden und je nachdem die Reize auf verschiedenartigen Stellen — die peripherischen Endapparate oder die Nervenstämme — einwirken.

Die Erregungen können sich bei der Fortpflanzung durch die centralen Theile des Nervensystems in ihrer Qualität verändern; dieses ist besonders mit den Erregungen der Fall, welche mechanische, elektrische und thermische Reizmittel bei Einwirkung auf die Nervenstämme hervorrufen.

Ueber den Einfluss der Muskelcontractionen der Hinterextremität auf ihre Blutcirculation.

Von

G. Humilewski.

(Ans dem pharmakologischen Laboratorium von Prof. Joh. Dogiel zu Kasan.)

(Hierzu Taf. VI.)

Die Untersuchungen verschiedener Autoren über den Einfluss der N. ischiadicus und N. cruralis auf die Blutcirculation in der Hinterextremität haben zu verschiedenen Schlüssen geführt. Letztere lassen sich, wie folgt, gruppiren; a) N. ischiadicus und N. cruralis enthalten vasomotorische Fasern (Wharton Jones (1), Cl. Bernard (2), Brown-Séquard (3), Saviotti (4), Riegl (5), Lowén (6), Pützeys und Tarchanoff (7), Dastre et Morat (8), M. Nussbaum (9), Vulpian (10) etc.); b) N. ischiadicus und N. cruralis enthalten vasodilatatorische Fasern (Goltz (11), Masius und Vanlair (12); c) N. ischiadicus und N. cruralis enthalten sowohl vasoconstrictorische wie vasodilatatorische Fasern (Lépine (13), Bernstein (14), Ostroumoff (15), Kendall und Luchsinger (16), Heidenhain und Grützner (17), Latschenberger und Deahna (18), Freusber und Gergens (19), Lewaschow (20), Dzedzül (21) etc.); d) die Gegenwart gefässverengernder oder erweiternder Fasern im N. ischiadicus und N. cruralis ist unbewiesen; die Veränderungen der Gefässlumina sind abhängig von der mechanischen Einwirkung der Muskeln der Hinterextremität, vom Wechsel des Gasgehalts des Blutes und anderen localen wie auch allgemeinen Bedingungen, welche auf die Blutvertheilung im Organismus Einfluss haben können (Dogiel (22), Szelkow (23), Sadler (24), Hafiz (25), Genersich (26)).

Wegen dieser Meinungsverschiedenheiten nahm ich auf Antrag von Prof. J. Dogiel eine erneuerte Untersuchung über dieses Thema vor; es war besonders das Verhältniss der Muskelcontractionen der Hinterextremität

zu der Blutcirculation in derselben festzustellen, da Dr. Lewaschow (27), sich stützend auf die Untersuchungen von Kendall und Luchsinger (28), den Muskelcontractionen jeden Einfluss auf die Blutcirculation in der Hinterextremität abgesprochen hat.

Meine Untersuchungsmethoden weichen nicht wesentlich von denen anderer Forscher auf diesem Gebiete ab. Der Bestimmung des Blutdruckes mittelst des Ludwig'schen Kymographions bei Hunden und der Beobachtung der Geschwindigkeit des Blutlaufs in der Schwimmhaut des Frosches unter dem Mikroskop, gab ich jedoch den Vorzug. Ausserdem kam bei einigen Bestimmungen der Stromgeschwindigkeit des Blutes in der Cruralarterie des Hundes die Stromuhr von Ludwig zur Anwendung. Das Kymographion giebt schneller und präciser als alle anderen Methoden die Schwankungen des Blutgehaltes der Extremität an. Durch Auswahl der **T** förmigen Canüle von möglichst dem Blutgefäss entsprechenden Kaliber und sorgfältige Entfernung der Gerinnsel, sobald solche vorhanden waren, beseitigten wir die etwaigen Fehler in den Angaben dieses Instruments. Die Versuche wurden sowohl an curarisirten als auch an unvergifteten Hunden angestellt. Da Curare bei vollkommener Lähmung der Nervenendigung in den willkürlichen Muskeln die Gefässnerven noch intact lässt (Cl. Bernard [29]), so musste diesem Mittel behufs Ausschaltung willkürlicher Bewegungen des Versuchsthieres vor anderen (z. B. Morphium, Chloroform) Vorzug gegeben werden, weil letztere Muskelcontractionen durchaus nicht aufheben; somit auch die Versuche von Dr. Lewaschow (a. a. O.), der mit letztgenanntem Mittel experimentirte, wenig beweisend sind. Von Curare (eine Lösung von $0 \cdot 008^{\mathrm{grm}}$ auf 1^{Ccm} Aqu. destill.) kam stets so viel zur Anwendung, bis keine Muskelcontractionen auf Reizung des peripheren Nervenstumpfes der zum Versuch dienenden Extremität erfolgten. Beachtet wurde, dass die Befestigung des Thieres bez. seiner Extremität zum Versuche keine mechanischen Hindernisse für die Blutcirculation herbeiführte. So wurde z. B. die zum Versuch dienende Extremität nur mit einer Zehe an der Schnur befestigt und zwar entweder so, dass Flexion der Extremität möglich war, oder dass die Extremität vollkommen bewegungslos war, wie in den Versuchen Sadler's (a. a. O.). Zum Versuche wurde der N. ischiadicus entweder bei seinem Austritt aus der Beckenhöhle, oder in der Mitte des Schenkels, vor seiner Theilung in N. tibialis und N. peronaeus, freigelegt. Der gemeinschaftliche Stamm des N. cruralis, nahe seinem Austritt unter dem Ligam. Poupartii, wurden selten isolirt, sondern gewöhnlich sein Ast, welcher mit der Cruralarterie in der Gefässfurche unter dem inneren Aste des M. sartorius verläuft, d. h. der N. saphenus praeparirt. Urtheilt man nach den Beschreibungen anderer Untersucher, so haben letztere ebenfalls nur diesen Ast des Cruralnerven, aber unter der Bezeichnung „N. cruralis“ gereizt.

Bei unseren Versuchen reizten wir entweder den Stamm des N. ischiadicus, oder des N. cruralis, oder beide zugleich, oder auch nur einzelne Zweige (N. tibialis, N. peronaeus, N. saphenus), oder die Stämme nach vorhergegangener Durchschneidung einzelner Aeste. Die Praeparation wurde mit der nöthigen Sorgfalt vorgenommen, um durch mechanische Insulte nicht eine Ermüdung der Nerven herbeizuführen. Hierauf wurde der Nerv durchschnitten, dabei blieb der in eine Ligatur gefasste periphere Stumpf durch Verschluss der Wundränder mittels einer Klammerpincette vor dem Austrocknen bewahrt. Beim Freilegen des N. ischiadicus wurde dem Thier eine entsprechende Lage, mit dem Rücken nach oben, durch Befestigung auf Kissen gegeben. Nachdem der Nerv freigelegt war, wurden die nöthigen Operationen am Gefäss vorgenommen, z. B. Verbindung der Art. oder Vena cruralis mit dem Manometer; unterdessen konnte der Nerv sich von dem bei seiner Praeparation unvermeidlichen Insulten erholen. War die Höhe des Blutdruckes in der Extremität (mit durchschnittenen Nerven) bestimmt, so schritten wir zur Reizung des peripheren Nervenstumpfes. Hierzu benutzten wir den du Bois-Reymond'schen Schlittenapparat, der mit 2 Grove'schen Elementen verbunden war. Zuweilen wurde auch der centrale Nervenstumpf gereizt. Die Elektroden werden hierbei an den Nerven gelegt, ohne dass eine Zerrung an der Ligatur, in welche letztere gefasst war, stattfand. Ebenfalls vermied ich die Berührung benachbarter Theile mit den Elektroden. Die Reizung dauerte 10—15″, wurde mit einem Chronometer bestimmt und jedesmal auf der Trommel des Kymographions vermerkt.

Meine Versuche zerfallen in folgende Gruppen:

I. Versuch über den Blutdruck in den Schenkelgefässen bei der Reizung der Stämme vom Crural- und Hüftnerven ohne Curarisirung des Versuchsthieres.

II. Eben solche Versuche mit Reizung des N. ischiadicus oder seiner Zweige, wobei zuweilen die Achillessehne der zum Versuch dienenden Extremität durchschnitten wurde.

III. Versuche der I. Reihe, nur an curarisirten Thieren.

IV. Versuche über die Stromgeschwindigkeit in der Cruralarterie von Hunden und in den Gefässen der Schwimmhaut von Fröschen und über die Ausflussgeschwindigkeit des Blutes aus den Gefässen bei beiden Thierarten.

I. Erste Versuchsreihe.

Versuch 1. Den 17. October 1880. Hund. Körpergewicht 6880 grm. N. ischiadicus sin. durchschnitten. Art. cruralis sin. mit dem Manometer verbunden. N. cruralis sin. ebenfalls durchschnitten. Die Extremität schwach fixirt.

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Hg mm Blutdruck		
			Maximum	Minimum	Mittel
Der Blutdruck in der linken Cruralarterie vor dem Versuch	—	—	98	90	94
Reizung des N. ischiadicus sin. . . .	10	15	106	100	103
			104	94	99
Nach der Reizung	2	—	82	72	87
	15	—	100	92	96
	30	—	102	84	93
Reizung des N. ischiadicus sin. . . .	15	10	108	100	104
			102	98	100
			102	98	100
Nach der Reizung	1	—	76	68	72
	20	—	100	94	87
	30	—	100	86	93
Reizung des N. ischiadicus sin. . . .	15	8	118	114	116
			102	98	100
			102	98	100
Nach der Reizung	1	—	72	66	69
	60	—	98	90	94

Versuch 2. Den 30. October 1880. Hund. Körpergewicht 2170 grm. Der gemeinschaftliche Stamm des N. cruralis dextr. durchschnitten. Art. cruralis dextr. mit dem Manometer verbunden. Die Extremität schwach fixirt.

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
Der Blutdruck in der Art. cruralis dextr. vor dem Versuch	—	—	76	62	69
Reizung des N. cruralis dextr. . . .	10	8	86	70	78
Nach der Reizung	2	—	80	64	72
	30	—	84	68	76
Reizung des N. cruralis dextr. . . .	10	5	90	70	80
Nach der Reizung	2	—	76	62	69
	60	—	84	68	76
Reizung des N. cruralis dextr. . . .	15	5	88	74	81
Nach der Reizung	3	—	74	62	68
	60	—	80	66	73
Reizung des N. cruralis dextr. . . .	10	5	84	68	76
Nach der Reizung	2	—	78	64	71
Reizung des N. cruralis dextr. . . .	10	5	82	68	75
Nach der Reizung	5	—	70	62	66
	20	—	78	64	71
Reizung des N. cruralis dextr. . . .	10	3	82	68	75
Nach der Reizung	2	—	70	62	66
	15	—	72	62	68

Versuch 3. Den 28. November 1880. Hund von 7840 ^{grm} Körpergewicht. N. ischiadicus dextr. und N. saphenus der rechten Hinterextremität durchschnitten. Vena cruralis dextra mit dem Manometer verbunden.

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
Blutdruck in der Vena cruralis dextr. vor der Reizung	—	—	5	5	5
Reizung des N. ischiadicus dextr. . .	1	25	7	0	7
	2	—	6	6	6
	10	—	4	4	4
Nach der Reizung	1	—	—	3	3
	15	—	5	5	5
Reizung des N. ischiadicus dextr. . .	×	25	16	—	16
	1	—	—	1	1
	2	—	6	—	6
	10	—	4	4	4
Nach der Reizung	1	—	—	3	3
	3	—	6	6	6
	30	—	5	5	5
Reizung des N. ischiadicus dextr. . .	×	20	23	—	23
	1	—	—	0	0
	2	—	10	—	10
	3	—	—	3	3
	10	—	4	4	4
Nach der Reizung	1	—	—	3	3
	5	—	10	8	9
	20	—	7	7	7
Reizung des N. ischiadicus	×	—	23	—	23
	1	—	—	0	0
	2	20	8	—	8
	10	—	5	5	5
Nach der Reizung	1	—	—	2	2
	3	—	8	6	7
	10	—	8	8	8
Verschluss des centralen Endes der Vene durch eine Klammerpincette	1	—	60	—	60
	3	—	56	54	55
	15	—	50	48	49
Reizung des N. ischiadicus dextr. . .	×	—	88	—	88
	1	—	—	63	63
	2	30	72	—	72
	3	—	—	58	58
	4	—	63	—	63
	10	—	56	54	55
Nach der Reizung	3	—	52	50	51
	15	—	50	44	47
Reizung des N. ischiadicus dextr. . .	×	—	94	—	94
	1	—	68	—	68
	2	30	54	—	54
	3	—	48	—	48
	10	—	50	—	50
Nach der Reizung	15	—	42	—	42
Die Klammerpincette von der Vene entfernt	×	—	0	0	0
	1	—	16	—	16

(Versuch 3. Fortsetzung.)

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
	$1^1/_2$	—	—	0	0
	2	—	8	—	8
	30	—	4	4	4
Reizung des N. ischiadicus dextr.	×	—	15	—	15
	1	15	—	3	3
	10	—	4	4	4
Nach der Reizung	1	—	—	2	2
	20	—	5	5	5
Reizung des N. ischiadicus dextr.	×	—	22	—	22
	1	12	—	1	1
	2	—	8	—	8
	10	—	4	4	4
Nach der Reizung	1	—	—	2	2
	2	—	6	6	6

Der Moment der Reizung ist durch ein × bezeichnet

Die erste Versuchsreihe zeigt im Allgemeinen, dass während der Reizung des N. ischiadicus oder N. cruralis der Blutdruck in den grossen Gefässstämmen der Hinterextremität immer steigt, wobei die Höhe desselben mit der Stärke der Reizung zunimmt. Die Blutdruckserhöhung tritt ein, sobald die Elektroden den Nerven berühren und hört auf, sobald die Reizung eingestellt wird. Selbst nach den stärksten Reizen hatte die Wiederholung der Reizung stets Blutdruckerhöhung zur Folge, der Blutdruck fiel jedoch in solchen Fällen schneller während der Reizung als bei mittleren und schwachen Reizen. Die Curve des Blutdruckes in der Cruralarterie geht am Anfang der Reizung steil zu ihrer maximalen Höhe, nimmt dann ein wenig ab, hält sich jedoch in ziemlicher Höhe während der Reizung, um mit dem Aufhören der letzteren schnell zu fallen. Die hierauf erhaltene Curve erreicht nicht immer die Höhe des Blutdruckes vor der Reizung, sondern ist bald höher, bald niedriger (Curve I und II). Im 3. Versuche erhalten wir Auskunft über den Blutdruck in der Vene. Auch hier geht am Anfange der Reizung die Curve vertical in die Höhe, mit nachfolgender schneller Abnahme (oft bis zur Abscisse). Hierauf sieht man wieder eine Erhöhung des Blutdruckes und Abnahme mit nicht so schnellem Wechsel, wie am Anfange des Versuches. Ein solcher Wechsel des Blutdruckes wird in der Arterie stets höher, wie vor der Reizung, während in der Vene der Fall umgekehrt ist. Nach der Einstellung der Reizung fällt der Blutdruck in der Vene schnell ab, nimmt jedoch hierauf wieder zu, steigt sogar höher als er vor ihrer Reizung war, um sich dann wieder ge-

wöhnlich auszugleichen. Zuklemmen des centralen Venenendes und Freilassen desselben giebt der Nervenreizung analoge Blutdruckcurven. Verschliesst man das centrale Venenende und reizt die Nerven, so erhält man eben solche Schwankungen des Blutdruckes in der Vene, wie bei unbehindertem Abfluss des Blutes aus der Vene (Curve IV).

Wir sehen also, dass der Blutdruck sowohl in der Arterie wie in der Vene jedesmal auf Reizung des peripheren Stumpfes des Ischiadicus oder Cruralnerven in die Höhe geht und zwar direct proportional zur Stärke des Reizes (der Muskelcontractionen). Die Reizung des Ischiadicus ist von stärkerer Blutdruckerhöhung begleitet, als die des Cruralnerven.

Es ist erlaubt anzunehmen, dass der grosse Effect der Ischiadicusreizung mit seinen grösseren Verbreitungen in den Extremitätmuskeln zusammenhängt. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, gingen wir zur 2. Versuchsreihe über, wobei einige Zweige des N. ischiadicus durchschnitten und hierauf die ersteren wie der letztere isolirt gereizt und die erhaltenen Resultate mit einander verglichen wurden.

II. Zweite Versuchsreihe.

Versuch 1. Den 12. November 1880. Hund von 5020 grm Körpergewicht. N. ischiadicus sin. am Gesäss durchschnitten. Ebenfalls durchschnitten wurden am unteren Drittel des Schenkels die Zweige des Ischiadicus: N. tibialis und N. peronaeus. Die Art. cruralis sin. mit dem Manometer verbunden.

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
Der normale Blutdruck in der A. crur. sin.	—	—	84	80	82
Reizung der Nn. tibialis et peronaeus .	25	12	90	84	87
Nach der Reizung	2	—	80	74	77
	25	—	88	80	84
Reizung des N. ischiadicus sin. . . .	10	12	88	82	85
Nach der Reizung	3	—	78	72	75
	25	—	84	80	82
Reizung der Nn. tibialis und peronaeus	10	11	90	84	87
Nach der Reizung	2	—	80	76	78
	20	—	84	80	82
Reizung des N. ischiadicus sin. . . .	10	11	84	82	83
Nach der Reizung	2	—	76	72	74
	30	—	84	78	81
Reizung der Nn. tibialis und peronaeus	10	10	90	82	86
Nach der Reizung	3	—	83	77	80
Reizung der Nn. tibialis und peronaeus	20	6	90	84	87
Nach der Reizung	2	—	82	72	80

(Versuch 1. Fortsetzung.)

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
Nach einer Pause von 20 Minuten:					
Blutdruck in der A. cruralis sin. . . .	—	—	92	86	89
Reizung des N. ischiadicus sin. . . .	15	15	104	92	98
Nach der Reizung	30	—	96	88	92
Reizung der Nn. tibialis und peronaeus	15	12	104	94	99
Nach der Reizung	1	—	94	88	91
	15	—	94	88	91
Reizung des N. ischiadicus sin. . . .	15	12	104	94	99
Nach der Reizung	2	—	82	76	79
	60	—	98	90	94

Versuch 2. Den 18. November 1880. Hund von 8000 grm Körpergewicht. Beide Nn. ischiadicus in der Mitte des Hinterschenkels durchschnitten. Zuerst Art. cruralis sin. und dann Art. cruralis dextr. mit dem Manometer verbunden. Die Extremität schwach fixirt.

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
Der Blutdruck in der Art. cruralis sin.	—	—	84	78	81
Reizung des N. ischiadicus sin. . . .	15	10	110	96	103
Nach der Reizung	2	—	54	50	52
Der N. tibialis vom linken Ischiadicusstamm abgetrennt	40	—	78	74	76
Reizung des N. ischiadicus sin. . . .	15	10	90	86	88
Nach der Reizung	3	—	76	72	74
Reizung des N. ischiadicus sin. . . .	15	10	90	84	87
Nach der Reizung	2	—	74	68	71
Blutdruck in der Art. cruralis dextr. .	—	—	82	76	79
Reizung des N. ischiadicus dextr. . .	10	12	96	88	92
Nach der Reizung	2	—	74	70	72
Der N. peronaeus vom rechten Ischiadicusstamm abgetrennt	30	—	80	76	78
Reizung des N. ischiadicus dextr. . .	10	12	94	87	90
Nach der Reizung	2	—	66	62	64
	30	—	80	76	78
Reizung des N. peronaeus dextr. . . .	10	12	86	80	83
Nach der Reizung	4	—	70	64	67
	30	—	82	76	79

Versuch 3. Den 10. December 1880. Hund von 11000 grm Körpergewicht. N. ischiadicus dextr. in der Mitte des Hinterschenkels durchschnitten und der N. tibialis freigelegt. Die Art. cruralis dextr. mit dem Manometer verbunden.

		Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm Maximum	Blutdruck Hg mm Minimum	Blutdruck Hg mm Mittel	
Blutdruck in der A. cruralis dextr.		—	—	96	90	93	
Reizung des N. tibialis dextr. . .		10	5	102	96	99	
Nach der Reizung		1	—	96	90	93	
		25	—	96	90	93	
Reizung des N. tibialis dextr. .	Bein ausgestreckt.	10	5	108	104	106	Die Extremität in gestreckter Stellung fixirt.
Nach der Reizung		1	—	82	80	81	
		20	—	100	90	95	
Reizung des N. tibialis dextr. .		10	5	104	98	101	
Nach der Reizung		20	—	96	92	94	
Reizung des N. tibialis dextr. .		10	5	108	104	106	
Nach der Reizung		60	—	96	90	93	
Reizung des N. tibialis dextr. .	Bein losgelassen.	10	3	106	100	103	Die Extremität schwach fixirt.
Nach der Reizung		10	—	90	84	87	
Reizung des N. tibialis dextr. .		10	3	98	92	95	
Nach der Reizung		10	—	88	84	86	
Reizung des N. tibialis dextr. .		10	3	96	92	94	
Nach der Reizung		2	—	92	86	89	
		10	—	94	86	90	

Versuch 4. Den 14. December 1880. Hund von 4550 grm Körpergewicht. Der N. ischiadicus dextr. in der Gefässgegend durchschnitten. Die Art. cruralis dextr. mit dem Manometer verbunden.

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm Maximum	Blutdruck Hg mm Minimum	Blutdruck Hg mm Mittel
Blutdruck in der Art. cruralis dextr. .	—	—	108	102	105
Reizung des rechten Ischiadicusstammes	10	10	118	114	116
Nach der Reizung	10	—	102	98	100
Die rechte Achillessehne durchschnitten	—	—	100	96	98
Reizung des rechten Ischiadicus . . .	10	10	108	104	106
Nach der Reizung	5	—	88	84	86
	30	—	96	90	93
Reizung des rechten Ischiadicus . . .	10	10	108	104	106
Nach der Reizung	10	—	80	76	78
	30	—	84	80	82
Reizung des rechten Ischiadicus . . .	10	8	108	102	105
Nach der Reizung	5	—	86	82	84
	10	—	90	86	88

Versuch 5. Bei demselben Hunde der N. tibialis dextr. durchschnitten und die Extremität nach der Sadler'schen Methode fixirt.

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec,	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
Blutdruck in der Art. cruralis dextr. .	—	—	114	108	111
Reizung des N. ischiadicus dextr. . .	10	8	124	118	121
Nach der Reizung	20	—	112	104	108
Reizung des N. tibialis dextr.	10	8	120	110	115
Nach der Reizung	10	—	114	106	110
Reizung des N. tibialis dextr.	10	8	120	112	116
Nach der Reizung	2	—	116	106	111

Diese Versuche bestätigten also die Voraussetzung, dass die grössere Wirkung des Ischiadicus im Zusammenhang mit seiner grösseren Verbreitung steht, dass bei seiner Reizung also mehr Muskeln sich contrahiren. Weiter sahen wir, dass beim festen Anbinden der ausgestreckten Extremität, wo also dieselbe bei den Muskelcontractionen sich nicht beugen konnte, der Blutdruck höher steigt, während bei der Durchschneidung der Achillessehne oder eines Muskels an seinem Punctum fixum eine geringere Blutdruckerhöhung erfolgt, als unter entgegengesetzten Umständen, d. h. bei intacten Muskeln und lose angebundener Extremität. In seiner Kritik der Sadler-schen Untersuchungen hat Pflüger (sein Archiv 1875) die Erscheinungen genügend erklärt.

Die Ordinaten der Blutdruckcurve im 4. Versuche, während der Reizung des Ischiadicus bei durchschnittener und intacter Achillessehne, überzeugen uns, dass der Blutdruck im ersteren Falle nicht so hoch ansteigt. Bei der Fixation der Extremität nach Sadler erhält man nach Durchschneidung der Achillessehne höhere Blutdruckwerthe und zwar nicht nur während der Nervenreizung, sondern auch während der Ruhe (Versuch 5).

Somit ergaben beide Versuchsreihen dasselbe Resultat; je mehr Nervenzweige gereizt werden, je energischere Muskelcontractionen stattfinden, desto höher steigt der Blutdruck bei der Nervenreizung und desto tiefer fällt er nach der Reiznng.

Da nun im Ischiadicus wie im Cruralnerven vasomotorische Fasern vorausgesetzt werden, so müssen in Anbetracht der soeben angeführten Resultate die Muskelcontractionen ausgeschlossen werden, wenn man sich über den Effect der Reizung der Vasomotoren überzeugen will. In dieser Richtung sind folgende Versuche vorgenommen worden.

III. Dritte Versuchsreihe.

Versuch 1. Den 31. October 1880. Hund von 3040 ^{grm} Körpergewicht. Vergiftet durch 3 ^{Ccm} Curarelösung (0·008 ^{grm} Curare auf 1 ^{Ccm} Aqua dest.). Der linke Cruralnerv freigelegt und durchschnitten. Art. cruralis sin. mit dem Manometer verbunden.

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
Blutdruck in der Art. cruralis sin. . .	—	—	136	124	130
Reizung des N. cruralis sin.	30	0	140	122	131
Nach der Reizung	30	—	136	126	131
Reizung des N. cruralis sin.	20	0	136	126	131
Nach der Reizung	10	—	136	128	132

Versuch 2. Den 28. November 1880. Hund von 7840 ^{grm} Körpergewicht. Vergiftet mit 4 ^{Ccm} Curarelösung. N. ischiadicus und N. saphenus der rechten Extremität freigelegt und durchschnitten. Vena cruralis dextr. mit dem Manometer verbunden.

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
Blutdruck in der Vena cruralis dextr. .	—	—	8	5	6·5
Reizung des N. ischiadicus dextr. . .	10	15	8	5	6·5
Nach der Reizung	15	—	8	5	6·5
Reizung des N. ischiadicus dextr. . .	10	10	8	5	6·5
Nach der Reizung	2	—	8	5	6·5
Das centrale Venenende durch eine Klammer verschlossen	—	—	12	12	12
Reizung des N. ischiadicus dextr . . .	10	10	12	12	12
Nach der Reizung	5	—	12	12	12
Die Klammer von der Vene entfernt .	×	—	0	0	0
Nach der Entfernung der Klammer . .	1	—	6	—	6
	2	—	—	4	4
	10	—	6	4	5
Reizung des centralen Endes des N. saphenus dextr.	20	10	9	7	8
Nach der Reizung	15	—	8	6	7
Das centrale Venenende durch eine Klammer verschlossen	—	—	20	20	20
Reizung des centralen Endes des N. saphenus dextr.	20	9	25	25	25
Nach der Reizung	10	—	24	24	24
Die Klammer von der Vene entfernt .	×	—	—	2	2
Nach der Entfernung der Klammer . .	1	—	8	—	8
	2	—	—	4	4
	8	—	8	4	6

(Versuch 2. Fortsetzung.)

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
Durchschneidung des linken Ischiadicus u. Saphenus. Noch 2 Ccm Curarelösung	—	—	—	—	—
Blutdruck in der Art. cruralis sin.	—	—	110	86	98
Reizung des peripharen Stumpfes vom Ischiadicus sin.	10	20	110	86	98
Nach der Reizung	30	—	110	86	98
Reizung des peripheren Stumpfes vom Ischiadicus sin.	10	10	110	86	98
Nach der Reizung	30	—	108	86	97
Reizung des centralen Stumpfes von N. saphenus sin.	10	10	136	114	125
Nach der Reizung	—	—	116	96	106
Reizung des centralen Stumpfes von N. saphenus sin.	10	10	150	130	140
Nach der Reizung	20	—	134	102	118

Versuch 3. Den 14. November 1880. Hund von 2675 grm Körpergewicht. Vergiftet mit $2^1/_2$ Ccm Curarelösung. N. ischiadicus dextr. und N. cruralis dextr. freigelegt und durchschnitten. Art. cruralis dextr. mit dem Manometer verbunden.

	Dauer der Reizung und der Ruhe in Sec.	Spiralenabstand des Schlittenapparates in Cm.	Blutdruck Hg mm		
			Maximum	Minimum	Mittel
Blutdruck in der Art. cruralis dextr.	—	—	72	64	68
Reizung des peripherischen Stumpfes des N. ischiadicus dextr.	10	12	70	66	68
Nach der Reizung	20	—	70	64	67
Reizung des peripherischen Stumpfes vom N. ischiadicus dextr.	10	8	70	64	67
Nach der Reizung	8	—	70	64	67
Mechanische Reizung des centralen Stumpfes von N. cruralis dextr.	—	—	162	150	156
Nach der Reizung	25	—	132	120	126
Pause bis der Blutdruck sich ausgleicht	—	—	94	86	90
Reizung des centralen Stumpfes vom N. cruralis dextr.	10	8	130	98	114
	10	8	184	160	172
	10	8	186	172	179
	3	—	186	172	179
	15	—	170	146	158
	30	—	148	134	141
	45	—	140	126	133
	60	—	124	112	118
	75	—	120	108	114
	90	—	114	100	107
	105	—	110	98	104
	2 Min.	—	108	92	100

Aus dieser Versuchsreihe geht hervor, dass bei ungenügender Curarisirung, d. h. wenn auf Reizung des Nerven noch Muskelcontractionen erfolgten, der Blutdruck in demselben Sinne wie in den vorhergehenden Versuchsreihen verändert wird. Bei voller Wirkung des Curare dagegen, also beim vollkommenen Ausfall der Muskelcontractionen, bleibt die Reizung der Nerven auf den Blutdruck einflusslos. Bewirkt somit die Reizung des peripheren Stumpfes den N. ischiadicus und N. cruralis für sich, ohne Muskelcontractionen, keine Veränderung des Blutdruckes in den Schenkelgefässen, so hat dagegen die Reizung des centralen Stumpfes genannter Nerven stets eine starke, jedoch allmähliche Zunahme des Blutdruckes in den Gefässen der Hinterextremität zur Folge. Hat der Blutdruck sein Maximum erreicht, so hält er sich auf dieser Höhe einige Zeit und fällt nach der Reizung ebenfalls nur allmählich wieder ab (s. Versuch 3 der III. Versuchsreihe).

Das Zuklemmen des centralen Venenendes ist ebenso wie bei nicht curarisirten Thieren von einer plötzlichen Blutdruckerhöhung begleitet, welche mit der Entfernung der Klemme plötzlich wieder abfällt.

Diese Versuchsreihe zeigt uns also gleich den vorhergehenden, dass mit der Entfernung des mechanischen Einflusses der Muskelcontractionen auf die Blutgefässe auch die Reizung der peripheren Stümpfe des Ischiadicus- und Cruralnerven auf den Blutdruck in den Gefässen des Hinterschenkels ohne Einfluss bleibt. Um hierfür mehr Beweise beizubringen, wurde noch eine Reihe von Versuchen vorgenommen.

IV. Vierte Versuchsreihe.

Diese Versuche zerfallen in zwei Gruppen: a) Untersuchungen über die Stromgeschwindigkeit des Blutes bei Hunden und Fröschen und b) Beobachtungen über die Veränderungen der Circulation in der Hinterextremität auf Grund der Blutmenge, welche in einer stets gleichen Zeiteinheit aus den durchschnittenen Gefässen erhalten wurde. Zum Versuch kamen sowohl curarisirte, als nicht curarisirte Thiere.

a) Versuch an Fröschen nach der Methode von Prof. Joh. Dogiel (a. a. O.).

Der N. ischiadicus des Frosches wurde möglichst nahe seinem Austritt aus dem Becken freigelegt und der Frosch hierauf an ein besonderes Tischchen so befestigt, dass die Blutcirculation in der Schwimmhaut vor, während und nach der Reizung des Ischiadicus unter dem Mikroskop beobachtet

werden konnte. Die Veränderungen der Gefässlumina in der Schwimmhaut wurden entweder mittels eines Ocularmikrometers bestimmt, oder irgend ein Gefäss wurde mit Hülfe der Camera lucida hingezeichnet, wonach die vor, während und nach der Reizung des Nerven erhaltenen Querdurchmesser mit einander verglichen werden konnten. Bei dieser Versuchsanordnung war es nicht allein möglich die Veränderungen der Gefässlumina in der Schwimmhaut zu bestimmen, sondern man konnte auch die relative Blutgeschwindigkeit beobachten. So sahen wir, dass die Durchschneidung des Nerven von anhaltender Gefässinjection begleitet ist; die Querdurchmesser der Gefässe sind grösser und die Blutcirculation sistirt sogar einige Zeit in der Schwimmhaut; dabei ist uns die von Nussbaum (30) angegebene, der Erweiterung vorhergehende Gefässcontraction nie zu Gesicht gekommen. 20—40 Minuten nach der Gefässinjection der Schwimmhaut in Folge der Ischiadicusdurchschneidung fängt diese Circulationsstörung an sich auszugleichen; die Schwimmhaut wird blasser, obwohl sie im Vergleich zu der Schwimmhaut der gesunden Extremität noch immer geröthet erscheint. Als wir zu dieser Zeit zur Reizung des Nerven schritten, war das Resultat abhängig von der Stärke des elektrischen Stromes und der Muskelcontractionen. Beim schwachen Strom sehen wir die Stromgeschwindigkeit des Blutes im Moment der Reizung plötzlich zunehmen und hierauf bis zum völligen Stillstand abnehmen. In den Arterien rückt das Blut hierbei langsam, stossweise noch weiter, die Gefässe gleichsam ausdehnend, wodurch in denselben eine Anhäufung von Blutkörperchen zu Stande kommt. Zu derselben Zeit sieht man in den grösseren Venen eine Hin- und Herbewegung des Blutes, oder aber das Blut fliesst nach allen Richtungen. Sobald die Reizung aufhört, wird die Circulation in den Arterien schnell hergestellt, während in den Venen die Hin- und Herbewegung des Blutes einige Zeit noch anhält. Mittlere oder starke Ströme führen nach einer momentanen Beschleunigung, Stillstand der Blutcirculation der Schwimmhaut mit rückläufiger Strömung in den Venen herbei. Letztere wird nach der Reizung stärker und schliesslich erfolgt auch hier Stillstand.

Hierauf sieht man das Blut einige Zeit hin und herschwanken, bis sich schliesslich allmählich normale Circulation wieder einstellt. Bei wiederholter Reizung werden die angegebenen Veränderungen der Blutcirculation in der Schwimmhaut verwischt: mittlere und starke Ströme rufen nur Verlangsamung hervor und diese geht oft in Beschleunigung über. Schon bei leichtem Grad von Curarisirung, wo die Frösche also durchaus nicht übervergiftet sind (31), hat die Reizung des peripheren Ischiadicusstumpfes nichts Aehnliches zur Folge; Veränderungen in der Stromgeschwindigkeit erzielt man nur reflectorisch durch Reizung des centralen Ischiadicus- oder Cruralnervenstumpfes. Im letzteren Falle sieht man nämlich bald Beschleunigung,

bald Verlangsamung des Blutstromes eintreten. Auch bei starker Curarevergiftung ist die unmittelbare Berührung des Muskels mit den Elektroden von denselben Erscheinungen, wie die Reizung der peripheren Nervenstümpfe unvergifteter Thiere, begleitet.

Was die Weite der Schwimmhautgefässe betrifft, so lässt sich hierüber mit Bestimmtheit nur aussagen, dass sie mit dem Blutgehalt wechselt; so nimmt sie bei der Reizung des Ischiadicus in Folge der Muskelcontractionen zu, während sie bei curarisirten Thieren unverändert bleibt, man mag den Nerven mit noch so starkem Strome reizen. Die schwachen von der Pulswelle herrührenden Veränderungen sind der Messung nicht zugänglich. Trotz aller Mühe gelang es uns kein Mal, die abwechselnde Verengerung und Erweiterung der Gefässe (Saviotte, Riegel a. a. O.), sowohl während, wie nach der Reizung des Nerven zu beobachten. Wir zweifeln daher, ob es möglich ist, solche Gefässcontractionen der Schwimmhaut zu sehen, wie sie von vielen Seiten beschrieben sind (Schiff, Cl. Bernard, Nussbaum, Putzeys und Tarchanoff u. s. w.).

Zur Bestimmung der Stromgeschwindigkeit des Blutes mittels der Stromuhr von Ludwig und Dogiel wurde die Cruralarterie der horizontal gelagerten Extremität freigelegt. Die Berechnung der Geschwindigkeit geschah nach der von Dogiel (32) angegebenen Methode. Von diesen Versuchen will ich hier nur einige vorführen, weil das Resultat in allen gleich war.

Mit Ausnahme eines Versuches waren die Versuchsthiere stets curarisirt, wenn auch nicht immer bis zur vollkommenen Bewegungslosigkeit.

Versuch 1. Den 10. April 1881. Hund von mittlerer Grösse. 5 ccm Crurarelösung. N. ischiadicus sin. und N. cruralis sin. durchschnitten. Die Stromuhr mit der Art. cruralis sin. verbunden. Zur Nervenreizung benutzte ich den Schlittenapparat von du Bois-Reymond und zwei Grove'sche Elemente.

	Vom Beginn des Versuches verflossene Zeit	Nummer der Stromuhr	Zur Füllung der Stromuhrkugel verstrichen		Geschwindigkeit des Blutstromes in Ccm. in 1″	Anmerkungen
			Mm.	Sec.		
Reizung des N. ischiad. bei 20 cm Spiralenabstand	8·5″	8	12·5	8·5	1·553	Der Trommelumfang betrug 498 mm. Zu einer Umdrehung brauchte sie 5′ 38″.
	32·2″	7	35	23·7	0·578	
	44·4″	8	18	12·2	1·082	
	56·6″	7	18	12·2	1·123	
	1′ 7·8″	8	16·5	11·2	1·178	
	1′ 18·3″	7	15·8	10·5	1·305	

(Versuch 1. Fortsetzung.)

	Vom Beginn des Versuches verflossene Zeit	Nummer der Stromuhr	Zur Füllung der Stromuhrkugel verstrichen Mm.	Sec.	Geschwindigkeit des Blutstromes in Ccm. in 1″	Anmerkungen
	1′ 31·2″	8	19	12·9	1·023	Die Stromuhrkugel Nr. 8 fasste 13·2 Ccm und Nr. 7 = 14·7 Ccm.
	1′ 44·7″	7	20	13·5	1·015	
Reizung des N. ischiad. sin. bei 10 cm Spiralenabstand	1′ 56·9″	8	18	12·2	1·082	
	2′ 10·1″	7	19·5	13·2	1·038	
	2′ 19·9″	8	14·5	9·8	1·347	
	2′ 28·7″	7	13	8·8	1·557	
	2′ 42·9″	8	21	14·2	1·929	
Reizung des N. ischiad. sin. bei 5 cm Spiralenabstand	2′ 55·8″	7	19	12·9	1·062	
	3′ 6·3″	8	15·5	10·5	1·257	

Versuch 2. Den 14. April 1881. Hund von 17200 grm Körpergewicht. Freigelegt und durchschnitten N. ischiadicus sin. und N. saphenus dexter. Die Blutgeschwindigkeit in der Art. cruralis sin. bestimmt.

	Vom Beginn des Versuches verflossene Zeit	Nummer der Stromuhr	Zur Füllung der Stromuhrkugel verstrichen Mm.	Sec.	Geschwindigkeit des Blutstromes in Ccm. in 1″	Anmerkungen
	1·52″	7	4	1·52	3·618	
	3·04″	8	4	1·52	3·618	
	4·76″	7	4·5	1·72	3·198	
Reizung des peripheren Stumpfes vom N. ischiad. sin. bei 16 cm Spiralenabst.	7·43″	8	7	2·67	2·059	Trommelumfang = 498 mm.
	10·86″	7	9	3·43	1·603	
	15·26″	8	11·5	4·4	1·241	Umdrehungszeit = 3′ 10″
Mechanische Reizung des centr. Stumpfes vom N. saphenus dextr. . . .	21·36″	7	16	6·1	0·902	Die Stromkugel Nr. 7 u. 8 fassten zu 5·5 Ccm.
Reizung des centr. Stumpfes des N. saphen. dextr. bei 16 cm Spiralenabstand	27·46″	8	16	6·1	0·902	
	35·86″	7	22	8·4	0·655	
	43·49″	8	20	7·63	0·721	
	49·21″	7	15	5·72	0·962	
Reizung des peripheren Stumpfes vom N. ischiad. sin. bei 16 cm Spiralenabst.	53·79″	8	12	4·58	1·201	
	58·19″	7	11·5	4·4	1·241	
	1′ 3·19″	8	13	5	1·100	

Versuch 3. Den 18. April 1881. Hund von 21100 grm Körpergewicht. Ohne Curareanwendung. N. ischiadicus dext. und N. saphenus dext. durchschnitten. Gereizt wurden der peripherische Ischiadicus und centrale Saphenusstumpf. Die Stromuhr in der Art. cruralis dext.

	Vom Beginn des Versuches verflossene Zeit	Nummer der Stromuhr	Zur Füllung der Stromuhrkugel verstrichen		Stromgeschwindigkeit des Blutes in Ccm. in 1″	Anmerkungen
			Mm.	Sec.		
	2·9″	1	4·5	2·9	4·517	
	6·5″	2	5·5	3·6	3·694	
Reizung des Ischiadicus bei	12·1″	1	8·5	5·6	2·339	
15 cm Spiralenabstand	19·1″	2	10·5	7	1·900	Trommelumfang
	22·7″	1	5·5	3·6	3·639	498 mm.
	27·3″	2	7	4·6	2·891	Umdrehungszeit
Reizung des Ischiadicus bei	34·9″	1	11·5	7·6	1·724	5′ 30″
15 cm Spiralenabstand	41·9″	2	10·5	7	1·900	
	45·5″	1	5·5	3·6	3·639	Nr. 1 der Strom-
	48·8″	2	5	3·3	4·030	kugeln fasst
Reizung des Ischiadicus bei	52·4″	1	5·5	3·6	3·639	13·1 Ccm, Nr. 2
5 cm Spiralenabstand	1′ 1·6″	2	14	9·2	1·446	= 13·3 Ccm.
	1′ 9·9″	1	12·5	8·3	1·578	
	1′ 17·5″	2	11·5	7·6	1·750	
	1′ 25·5″	1	12	8	1·637	
	1′ 32·8″	2	11	7·3	1·822	
Reizung des Saphenus bei	1′ 38·8″	1	9	6	2·183	
5 cm Spiralenabstand	2′	2	32	21·2	0·627	Bewegungen des
	2′ 2·6″	1	4	2·6	4·038	Hundes.
	2′ 6·6″	2	9	6	2·217	

Versuch 4. Derselbe Hund nach 12 Ccm Curarelösung.

	Vom Beginn des Versuches verflossene Zeit	Nummer der Stromuhr	Zur Füllung der Stromuhrkugel verstrichen		Stromgeschwindigkeit des Blutes in Ccm. in 1″	Anmerkungen
			Mm.	Sec.		
	5·3″	7	8	5·3		
	8·3″	8	4·5	3		
	13·9″	7	8·5	5·6		
Reizung d. rechten Ischiad.						
bei 15 cm Spiralenabst.	35·4″	8	32·5	21·5	2·585	
Während d. Reizung waren	59·4″	7	36·5	24	4·400	Trommelumfang
schwache Muskelcontrac-	1′ 14·6″	8	23	15·2	2·446	und Umgrehungs-
tionen bemerkbar.						zeit derselben
	1′ 21·6″	7	10·5	7	0·614	
Reizung des Saphenus bei	1′ 25·6″	8	6	4	0·571	
15 cm Spiralenabstand	1′ 26·9″	7	8	5·3	0·868	Nr. 8 = 13·2 und
	1′ 31·8″	8	7·5	4·9	1·957	Nr. 7 = 13·7 Ccm
	1′ 40·1″	7	12·5	8·3	3·300	
Reizung des Ischiadicus bei	1′ 51·1″	8	16·5	11	2·585	
15 cm Spiralenabstand	2′ 1·7″	7	16	10·6	2·694	
	2′ 12·3″	8	16	10·6	1·651	
	2′ 21·9″	7	14·5	9·6	1·200	

(Versuch 4. Fortsetzung)

	Vom Beginn des Versuches verflossene Zeit	Nummer der Stromuhr	Zur Füllung der Stromuhrkugel verstrichen Mm.	Sec.	Stromgeschwindigkeit des Blutes in Ccm. in 1″	Anmerkungen
Reizung des Ischiadicus bei 5 cm Spiralenabstand	2′ 35·9″	8	21	14	1·292	
	2′ 49·5″	7	20·5	13·6	1·245	
	2′ 59·5″	8	15	10	1·427	
	3′ 9·5″	7	15	10	1·943	
Reizung des Saphenus bei 5 cm Spiralenabstand	3′ 16·5″	8	10·5	7	1·007	
	3′ 28·5″	7	18	12	1·320	
	3′ 43·1″	8	22	14·6	1·370	
	3′ 59·7″	7	25	16·6	1·886	
	4′ 15·3″	8	23·5	15·6	1·142	

Versuch 5. Derselbe Hund, nachdem er noch 5 Ccm Curarelösung erhalten.

	Vom Beginn des Versuches verflossene Zeit.	Nummer der Stromuhr	Zur Füllung der Stromuhrkugel verstrichen Mm.	Sec.	Stromgeschwindigkeit des Blutes in Ccm. in 1″	Anmerkungen
	3·6″	7	5·5	3·6	1·528	Trommelumfang und Umdrehungszeit derselben. Nr. 7 und Nr. 8 = 5·5 Ccm.
	6·2″	8	4	2·6	2·115	
	9·2″	7	4·5	3	1·833	
Reizung des Ischiadicus bei 15 cm Spiralenabstand	12·2″	8	4·5	3	1·833	
	16·8″	7	7	4·6	1·196	
	22·1″	8	8	5·3	1·038	
	27·7″	7	8·5	5·6	0·982	
Reizung des Ischiadicus bei 15 cm Spiralenabstand	34·7″	8	10·5	7	0·786	
	42·0″	7	11	7·3	0·753	
	49·0″	8	10·5	7	0·786	
	56·0″	7	10·5	7	0·786	
Reizung des Saphenus bei 15 cm Spiralenabstand	1′ 2·0″	8	9	6	0·917	
	1′ 6·6″	7	7	4·6	1·196	
	1′ 11·2″	8	7	4·6	1·196	
	1′ 17·2″	7	9	6	0·917	
Reizung d. rechten Ischiad. bei 5 cm Spiralenabst.	1′ 22·5″	8	8	5·3	1·038	
	1′ 30·1″	7	11·5	7·6	0·724	
	1′ 37·1″	8	10·5	7	0·786	
	1′ 44·4″	7	11	7·3	0·753	
Reizung d. rechten Ischiad. bei 5 cm Spiralenabst.	1′ 50·4″	8	9	6	0·917	
	1′ 57·0″	7	10	6·6	0·838	
Reizung d. rechten Ischiad. bei 0 cm Spiralenabst.	2′ 5·0″	8	12	8	0·688	
	2′ 13·6″	7	13	8·6	0·640	
Reizung d. linken Saphen. bei 5 cm Spiralenabst.	2′ 20·2″	8	10	6·6	0·833	
	2′ 24·5″	7	6·5	4·3	1·279	

(Versuch 5. Fortsetzung)

	Vom Beginn des Versuches verflossene Zeit	Nummer der Stromuhr	Zur Füllung der Stromuhrkugel verstrichen Mm.	Sec.	Stromgeschwindigkeit des Blutes in Ccm. in 1′	Anmerkungen
	2′ 28·8″	8	6·5	4·3	1·279	
	2′ 33·8″	7	7·5	5	1·100	
	2′ 39·4″	8	8·5	5·6	0·982	
	2′ 45·4″	7	9	6	0·917	
Reizung d. rechten Ischiad. bei 5 cm Spiralenabst.	2′ 51·4″	8	9	6	0·917	
	2′ 58″	7	10	6·6	0·833	

Die Resultate gleichen denen, welche Prof. Joh. Dogiel schon mitgetheilt hat. So sehen wir, dass die Reizung des peripheren Ischiadicus oder Cruralstumpfes bei nicht curarisirten Thieren von Verlangsamung des Blutstromes begleitet ist. Sind die Thiere curarisirt, so hat die Reizung des peripheren Ischiadicusstumpfes entweder keine Veränderung, oder eine Verlangsamung des Blutstromes zur Folge, letztere vorzugsweise, wenn noch schwache Muskelcontractionen möglich waren. Die Reizung des centralen Saphenusstumpfes beschleunigt den Blutstrom oder verlangsamt ihn, was Prof. J. Dogiel schon durch Reflexwirkung erklärt hat. Die Verlangsamung des Blutstromes in Folge der Reizung des peripheren Ischiadicusstumpfes nicht oder schwach curarisirter Thiere kommt dadurch zu Stande, dass die Gefässe durch die sich contrahirenden Muskeln zusammengedrückt und somit dem Blutstrom bedeutende Hindernisse in den Weg gelegt werden.

b) Die Versuchsanordnung bei der Bestimmung der aus den durchschnittenen Gefässen fliessenden Blutvolumina war folgende: die Vena saphena wurde auspraeparirt, durchschnitten und in das periphere Ende eine kleine stumpfwinkelig gebogene Glascanüle zum besserem Auffangen des Blutes gebunden. Es wurden auch nach dem Beispiel Vulpian's (a. a. O.) die Daumenballen möglichst tief gespalten und die Blutung dieser Wunden beobachtet. Bei Fröschen schnitt man zu gleichem Zweck die Zehenspitzen oder auch die Zehen einer oder beider Extremitäten ab. Die Ausflussgeschwindigkeit des Blutes wurde stets nach der Zahl der Blutstropfen in einer gegebenen Zeiteinheit vor, während und nach der Nervenreizung berechnet.

Bei nicht curarisirten Thieren ergaben alle diese Versuche eine Verstärkung der Blutung während der Nervenreizung mit schwachen oder mittleren Strömen. Zieht sich der Versuch in die Länge, so folgt auf die Verstärkung eine Abnahme der Blutung. Die Abnahme tritt bei mittel-

starkem Strome schneller ein und es hört die Blutung sogar auf; ein starker Strom kann sogleich Aufhören der Blutung, ohne vorhergehende Beschleunigung, herbeizuführen. Hört die Reizung auf, so wird die Blutung heftiger als vordem, doch kann sie auch einige Zeit noch sistiren. Mit der Verstärkung der Blutung aus der Vene, wird das Blut heller, worauf schon hingewiesen ist (Sadler, Bernstein, Putzeys und Tarchanoff u. s. w.); während der Abnahme und nach dem Aufhören wird es jedoch dunkler. Wiederholte Reizung führt dazu, dass ein noch so starker Strom die Blutung nicht mehr sistirt, sondern bald von einer Verstärkung, bald von einer Abnahme der Blutung begleitet ist.

Die Versuche an curarisirten Thieren gaben ein negatives Resultat. Obwohl Vulpian behauptet, dass er Abnahme und Aufhören der Blutung aus durchschnittenen Daumenballen curarisirter Hunde durch Reizung des peripherischen Ischiadicusstumpfes beobachtet habe, müssen wir uns doch auf Grund eigener Versuche an Pflüger (sein *Archiv.* 1875. Bd. X) anschliessen, dass hier die Blutgerinnung in Frage kommt, denn nach einfachem Abspülen mit Wasser stellt sich die Blutung wieder ein. Ueberhaupt ist diese Beobachtungsmethode für die Entscheidung der vorliegenden Frage als nicht zweckentsprechend zu betrachten.

Die Resultate unserer Versuche lassen sich folgendermaassen resumiren:

1. Der N. ischiadicus und N. cruralis haben auf die Blutcirculation in der Hinterextremität insofern Einfluss, als ihre Erregung von Contraction der quergestreiften Musculatur begleitet ist.

Beweise hierfür haben wir in der ersten und vierten Versuchsreihe direct und in der zweiten und dritten Versuchsreihe indirect beigebracht.

2. Das Wesentliche in der Wirkung der Muskelcontractionen auf die Blutcirculation besteht im mechanischen Zusammendrücken der Gefässe, worauf schon viele Untersucher hingewiesen haben. Die Arbeiten von Prof. Joh. Dogiel (a. a. O.) und Hafiz (a. a. O.) bestätigen diese Annahme genügend.

Der Grad der Zusammenquetschung der Gefässe ist von der anatomischen Lage letzterer und von der Energie und der Verbreitung der Muskelcontractionen abhängig. Es ist ja bekannt, dass die Gefässe der Hinterextremität nicht nur zwischen Muskeln allein, sondern auch zwischen Muskeln, Sehnen und Knochen sich befinden. Uns interessirt zunächst die Lage grösserer Gefässstämme, deren schwache Zusammenpressung schon einen nicht geringen Einfluss auf die Blutcirculation haben muss. Eine Veränderung der Blutcirculation in den sich zusammenziehenden Muskeln, braucht in Folge der besonderen Anordnung ihrer Gefässe nicht stattzufinden. Wir meinen, dass an folgenden Stellen die grösseren Gefässstämme der Hinterextremität einer Zusammenquetschung am leichtesten unterworfen

sind: 1) am inneren Rande und an der hinteren Fläche des unteren Drittels des Femur, dort, wo die Art. cruralis von der inneren Schenkelfläche an die hintere tritt und von der inneren Abtheilung des M. sartorius, vom fleischigen Theile des M. gracialis und M. semimembranosus bedeckt ist; 2) zwischen den Gastrocnemiusköpfen, wo die Arterie in zwei bis drei grössere Aeste zerfällt. Hier müssen die Arterien und Vena von den sie bedeckenden starken Muskeln so ziemlich zusammengepasst werden. Weiter folgen die hintere und äussere (zugleich vordere) Tibialfläche und andere Orte am Unterschenkel. Die oberflächlichen Gefässe (Arteria und Vena saphena) sind ebenfalls unter dem Einflusse der Muskelcontractionen, weil sie unter Fascien und Aponeurosen liegen und in demselben Maasse zusammengepresst werden, wie diese Gebilde durch die Muskelcontractionen angespannt werden.

3. Die Veränderungen in der Blutcirculation der Hinterextremität unter dem Einfluss der Muskelcontractionen bestehen in einer plötzlichen Zunahme des Blutdruckes unmittelbar nach der Erschlaffung der Muskeln (erste und zweite Versuchsreihe; Curve Nr. 1 und 2).

Hierdurch wird die Annahme ausgeschlossen, dass die Veränderungen des Blutdruckes auf Reizung des peripheren Ischiadicus und Cruralisstumpfes durch die Erregung der Vasomotoren zu Stande kommt. Dagegen spricht: 1) die Veränderungen des Blutdruckes treten gleichzeitig mit der Contraction willkürlicher Muskeln auf und sind durch schroffen Druckwechsel charakterisirt (Curve Nr. 1, 2 und 4); 2) fehlen die Veränderungen des Blutdruckes bei curarisirten Thieren (dritte Versuchsreihe; Curve Nr. 3. 5), während doch die Vasomotoren nach Cl. Bernard bei gewissen Graden von Curarevergiftung ihrer physiologischen Function nicht verlustig gehen. Wenn Nussbaum in Bezug auf die Versuche von Prof. Joh. Dogiel meint, dass das negative Resultat durch Paralyse der Vasomotoren in Folge grosser Curaredosen zu erklären sei, so weisen wir auf Versuche 2 und 3 der dritten Versuchsreihe hin, in welchen der Controlversuch, nämlich Reizung des centralen Stumpfes der Nerven, also des vasomotorischen Centrums, von positivem Erfolg begleitet war. Jedesmal erhielten wir hierbei eine anhaltende Erhöhung des Blutdruckes (Curve Nr. 2), mit allmählicher Rückkehr zur Norm nach der Reizung, wie es von der Contraction glatter Muskeln auch zu erwarten war. Was die in der Litteratur niedergelegten Data über die Vasomotoren der Hinterextremität und ihre Erregung durch die Reizung des peripheren Ischiadicus oder Cruralisstumpfes anbetrifft, so muss hier bemerkt werden, dass dieselben nicht genügend begründet sind. Die Untersuchungsmethoden waren nicht zweckentsprechend und genau.

So braucht nach den Versuchen von Dr. Smith (33) im Ludwig'schen Laboratorium die Erhöhung der Temperatur gar nicht von den Veränderungen der Blutcirculation abzuhängen; ausserdem können bei schwacher

Curarisirung für das Auge unmerkliche Muskelcontractionen die Schwankungen der Quecksilbersäule im Thermometer bedingen.

4) Somit kann die Anwesenheit der Vasomotoren im Ischiadicus oder im Cruralnerven eher bezweifelt als angenommen werden, wenn man den Charakter der Blutdruckerhöhung und die Veränderungen in der Stromgeschwindigkeit des Blutes in der Hinterextremität in Betracht zieht (vierte Versuchsreihe). Andererseits führt die Reizung des centralen Stumpfes genannter Nerven bedeutende Blutdruckerhöhung und Beschleunigung des Blutstromes in den Schenkelgefässen herbei (Versuch 2 und 3 der dritten Versuchsreihe), und das nach der Durchschneidung des N. ischiadicus sowohl als des N. cruralis. Folglich kann von der Gegenwart von Vasomotoren in den Stämmen des Ischiadicus und des Cruralnerven nicht die Rede sein, ebenfalls muss der Einfluss von den in der Gefässwand selbst liegenden Centren zurückgewiesen werden, bis nicht anatomisch-physiologische Beweise hierfür beigebracht sind. Es muss vielmehr ein anderer Weg für die Vasomotoren der Hinterextremität angenommen werden, deren Einfluss auf die Gefässlumina von einigen Autoren (Ostroumoff, Kendall und Luchsinger, Heidenhain u. s. w.) festgestellt ist. Vorläufig enthalten wir uns irgend einer Andeutung in dieser Hinsicht, obwohl wir glauben, dass Vulpian (34) der Wahrheit am nächsten steht, wenn er behauptet, dass einige vasomotorische Fasern weder durch den Ischiadicus noch durch den Cruralnerven gehen, sondern direct an die Gefässe treten und mit ihnen sich verzweigend, in ihrer Muskelhaut enden.

Erklärung der Abbildungen.

Nr. 1 und 2 der beigelegten Curven zeigen den Charakter der Veränderung des Blutdruckes in der Cruralarterie, bei der Reizung des peripheren Ischiadicusstumpfes.

Nr. 3 zeigt den Blutdruck in der Cruralarterie eines curarisirten Hundes: A. während der Reizung des peripherischen Ischiadicusstumpfes; B. während der Reizung des centralen Stumpfes von N. cruralis mit mechanischer Reizung — *m*.

Nr. 4 zeigt den Blutdruck in der Cruralvene bei unbehindertem Abfluss; Reizung des Ischiadicus.

Nr. 5 zeigt den Blutdruck in der Cruralvene bei curarisirtem Versuchsthier; es wurden der N. ischiadicus und der N. saphenus gereizt.

Bei allen Curven zeigt *R* den Anfang der Reizung und *O* das Ende der Reizung an.

Litteratur.

1. *Archives de Physiologie.* 1879.
2. *Comptes rendus.* 1862. t. V.
3. *Medical examiner.* Philadelphia 1859-
4. Virchow's *Archiv* u. s. w. Bd. L.
5. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* Nr. 29.
6. Ludwig's *Arbeiten.* 1867.
7. *Dies Archiv.* 1874.
8. *Archives de Physiologie.* 1879.
9. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. X.
10. *Leçons sur l'action physiologique des Substances toxiques etc.* 1881.
11. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1874. Bd. VIII, IX.
12. *Comptes rendus. Congrès des sciences médic.* Bruxelles 1875.
13. *Comptes rendus. Soc. Biol.* 4 Mars 1876.
14. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1877. Bd. VIII.
15. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1876. Bd. XII.
16. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1876. Bd, XIII.
17. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1877. Bd. XVI.
18. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1876. Bd. XII.
19. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1875. Bd. XI.
20. Ueber den Einfluss des Cruralnerven auf die Weite der Hautgefässe. *Dissertation.* Petersburg 1879. (In russischer Spsache.)
21. Materialien zur Frage über die gefässerweiternden Nerven. *Dissertation.* Petersburg 1880. (In russischer Sprache.)
22. Ueber den Einfluss des Ischiadicus und des Cruralnerven auf den Blutstrom in der Hinterextremität. *Mittheilungen in der Gesellschaft der Aerzte zu Kasan.* 1871 (in russischer Sprache) und J. Dogiel und N. Kowalewski, Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1870. Bd. III.
23. *Sitzungsberichte der königl. Akademie der Wissenschaften.* Bd. XLV.
24. Ludwig's *Arbeiten.* 1870.
25. Ludwig's *Arbeiten.* 1871.
26. Ludwig's *Arbeiten.* 1870.
27. A. a. O. S. 29 und 48.
28. A. a. O. S. 60.
29. *Leçons sur la chaleur animale.* p. 60.
30. A. a. O.
31. Vulpian, a. a. O. S. 302 und 302.
32. Die Ausmessung der strömenden Blutvolumina. Ludwig's *Arbeiten.* 1868.
33. *Dies Archiv.* 1881.
34. *Leçons sur l'appareil vasomoteur.*

Ueber den Einfluss der langen Ciliarnerven auf die Erweiterung der Pupille.

Von

J. Jegorow.

(Mitgetheilt von Prof. Joh. Dogiel.)

(Aus dem pharmakologischen Laboratorium von Prof. Joh. Dogiel zu Kasan.)

(Hierzu Taf. VII.)

In vorliegender Abhandlung wollen wir die Beziehungen der langen Ciliarnerven zu den Irisbewegungen (Erweiterung der Pupille) durch entsprechende physiologische Versuche an einigen Säugethieren (Hund und Katze) feststellen. Nach den Litteraturangaben müssen wir für die pupillenerweiternden Nerven zwei Wege annehmen, der erste geht durch den Halssympathicus, der zweite mit dem Trigeminus. Trotz zahlreichen Untersuchungen sind wir über einige Abschnitte des ersten Weges noch im Unklaren. Den Ursprung dieser Nerven verlegt man bald in das Rückenmark (Budge[1]), bald in das verlängerte Mark (Salkowski[2]), bald noch höher hinauf, in die vorderen Abschnitte der Vierhügel (Knoll[3]). Das Rückenmark sollen sie zusammen mit den vorderen Wurzeln des 7. und 8. Hals- und 1. und 2. Rückennerven (Budge[4], Salkowski[5]) verlassen,

[1] *Ueber die Bewegung der Iris.* 1859. S. 109.

[2] Ueber das Budge'sche Ciliospinal-Centrum. *Zeitschrift für rat. Medicin.* Bd. XXIX. S. 185—190.

[3] *Beiträge zur Physiologie der Vierhügel.* Giessen 1869. S. 24.

[4] A. a. O.

[5] A. a. O.

um sich dem Halssympathicus zuzugesellen und mit demselben in das oberste Halsganglion einzutreten. Der weitere Verlauf der pupillenerweiternden Nerven ist wenig erforscht. Ob sie mit dem Plexus caroticus oder auf einem anderen Wege verlaufen, ist unbekannt. François-Franck[1] behauptet, beim Hunde zwei kleine Nervenzweige, welche vom obersten Halsganglion durch die Trommelhöhle zum Ganglion Gasseri verliefen (en dedans de la caisse du tympan) gefunden zu haben, nach deren Durchschneidung die Reizung des oberen Stumpfes vom Halssympathicus ohne Einfluss auf die gleichseitige Pupille blieb, während die Reizung der peripheren Stümpfe dieser Nervenzweige vollkommene Pupillenerweiterung herbeiführte. Die Beobachtung von F.-Franck ist aber noch von keiner Seite controlirt worden, steht also ganz vereinzelt da. Als feststehend kann man nur annehmen, dass die pupillenerweiternden Nerven vom obersten Halsknoten in das Ganglion Gasseri treten, weil die Durchschneidung des letzteren nahe seinem vorderen Rande, oder an der Abgangsstelle des Ramus ophthalmicus, jede Wirkung des Sympathicus auf die Pupille aufhebt (Budge und Waller,[2] F.-Franck[3]).

Auf den Weg der pupillenerweiternden Nerven durch den Trigeminus hat Coleman Balogh[4] aufmerksam gemacht. War auch schon vor ihm bekannt, dass die intracranielle Durchschneidung des Trigeminus von Verengerung der gleichseitigen Pupille begleitet ist (Magendie, Cl. Bernard, Valentin u. A.), so wurde dieses Resultat doch verschieden erklärt. Auf Grund seiner Versuche behauptete C. Balogh, dass es ausser den durch den Sympathicus verlaufenden pupillenerweiternden Nerven, noch solche giebt, welche nicht weit vom Anfang des Trigeminus ihren Ursprung nehmend, mit dem Stamm des letzteren in das Ganglion Gasseri treten. Diese Behauptung von Balogh wird theilweise durch die Versuche von Nawalichin[5] und Vulpian[6] bestätigt. Letztere fanden nämlich, dass die Reizung der centralen Stümpfe sensibler Nerven auch beim durchschnittenen Halssympathicus, oder nach Exstirpation des obersten Halsganglions noch Erweiterung der Pupille herbeiführt.

[1] Sur l'innervation de l'iris. *Travaux du laboratoire de M. Marey.* 1878—1879. p. 8—10.

[2] *Comptes rendus.* Octbr. 1857.

[3] A. a. O.

[4] Moleschott's *Untersuchungen.* 1861. Th. VIII.

[5] Beitrag zur Lehre über die Erweiterung der Pupille. *Arbeiten aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Kasan.* 1869. Lief. I. S. 9—10. (In russischer Sprache).

[6] *Comptes rendus.* LXXXVI. p. 143 und *Archives de physiologie normale et pathologique.* Janvier 1874.

Somit gelangen die pupillenerweiternden Nerven auf beiden Wegen in das Ganglion Gasseri. Budge und Waller (a. a. O.) zeigten, dass nach der Durchschneidung des ersten Trigeminusastes, nahe seinem Ursprung, jede Wirkung des Sympathicus auf die Pupille aufhört. — Budge[1] wies nach, dass die hierbei sich einstellende Pupillenverengerung dauernd ist; wenn die Pupille sich auch nach einiger Zeit etwas erweitert, so wird sie doch nicht so gross, wie die des anderen Auges. François-Franck[2] wiederholte die Versuche von Budge und Waller mit gleichem Resultat. C. Balogh[3] sah keine Erweiterung der Pupille, wenn er auch nach der Durchschneidung des R. ophthalmicus die Gehirncentra durch Erstickung reizte. F.-Franck[4] modificirte die Versuche von Balogh, indem er den Trigeminus vor seinem Eintritt in das Ganglion Gasseri durchschnitt. Reizte er nun den centralen Ischiadicusstumpf, so erhielt er Erweiterung der Pupille, diese blieb jedoch aus, sobald er noch den Halssympathicus durchschnitt. Alle diese Versuche führen zu dem Schlusse, dass die pupillenerweiternden Nerven zusammen mit dem ersten Trigeminusast aus dem Ganglion Gasseri treten[5], wie sie aber weiter verlaufen, bleibt unbestimmt. Ob sie zusammen mit den langen Ciliarnerven zur Iris gelangen, oder mit der sensiblen Wurzel des Ganglion ciliare in dasselbe treten und es mit den kurzen Ciliarnerven wieder verlassen, oder irgend einen anderen Weg einschlagen, ist unentschieden. Soweit mir bekannt, berühren nur Hensen und Voelckers[6] und F.-Franck[7] die Frage; so sagen die ersten Forscher über die langen Ciliarnerven, dass die Reizung derselben stets von einer Erweiterung der Pupille begleitet ist, die Erweiterung der Pupille

[1] A. a. O. S. 98.

[2] A. a. O. S. 38.

[3] A. a. O. S. 431—432.

[4] A. a. O. S. 43.

[5] In Bezug auf die Verengerung der Pupille, welche einige Autoren bei der Reizung des peripheren Stumpfes vom Ramus ophthalmicus eintreten sahen (Budge, Cl. Bernard, Grünhagen), will ich nur bemerken, dass 1) die pupillenerweiternden Fasern nur den geringsten Theil des R. ophthalmicus ausmachen, somit reizt man in angegebenen Fällen nicht ausschliesslich die Erweiterer, und 2) der R. ophthalmicus liegt so nahe bei den anderen Nerven (N. oculomotorius, N. abducens u. s. w.), dass letztere leicht mitgereizt werden können. Die Angaben von Hensen und Voelckers bewogen mich zur Untersuchung, auf welchem Wege die pupillenerweiternden Nerven zum Auge gelangen, und zwar welchen Einfluss die langen Ciliarnerven auf die Irisbewegung haben. Hierbei musste ich zuvörderst auf die Anatomie dieser Gebilde eingehen, da die Hinweise in der Litteratur unzureichend sind. (Budge, Cl. Bernard, F.-Franck u. A.). Meine Untersuchungen sind hauptsächlich an Hunden und dann auch an Katzen angestellt.

[6] *Ueber den Mechanismus der Accommodation.* Kiel 1868. S. 16.

[7] A. a. O. S. 51.

soll bei der Reizung einiger Stämme sehr deutlich, bei der Reizung anderer jedoch schwach sein. François-Franck giebt an, dass die Reizung von 2 bis 3 der den Opticus umgebenden Nervenstämmchen Erweiterung der Pupille herbeiführt.

Anatomisch kann der erste Trigeminusast in zwei Abschnitte getheilt werden: 1) intracranieller Abschnitt, vom Ganglion Gasseri bis zum Eintritt in die Orbita, und 2) extracranieller Abschnitt, vom Foramen orbitale posterius bis zu seinen Endverzweigungen.

1. Intracranieller Abschnitt des Ram. ophthalmicus nervi trigemini. Vom Ganglion Gasseri bis zum Foramen orbit. post. verläuft der erste Trigeminusast eingeschlossen in einer Duralfalte der äusseren Wand des Sinus cavernosus. Ueber und nach innen von ihm befindet sich der Oculomotorius, gleichfalls über und nach aussen der Trochlearis,[1] jeder für sich eine Duralscheide besitzend. Unter und nach innen vom ersten Trigeminusast liegt der Abducens, welcher durch den Sinus cavernosus nach vorwärts geht. Diese drei Nerven verlassen zusammen mit dem ersten Trigeminusaste durch das hintere Augenhöhlenloch die Schädelhöhle.

Entfernt man den Oculomotorius und den Trochlearis, öffnet die Scheide des Ramus ophthalmicus (welcher vom inneren Winkel des oberen Randes vom Ganglion Gasseri entspringt), so sieht man, dass letzterer während seines Verlaufes durch die Wand des Sinus cavernosus einen oder zwei Zweige vom sympathischen Geflecht des Sinus cavernosus erhält, mit dem N. trochlearis anastomosirt und hierauf in zwei Aeste zerfällt, einen äusseren — N. frontalis und einen inneren — N. naso-ciliaris. Der Frontalnerv giebt sehr bald einen schwachen Nerv — den N. lacrymalis ab, der zwischen ihm und dem N. naso-ciliaris verläuft. Zerrt man die Zweige des Ramus ophthalmicus mit Nadeln auseinander, so sieht man auf der unteren Wand der Scheide 2 bis 4 Nervenfäden, welche zusammen mit den Zweigen, bald dem einen, bald dem anderen sich zugesellend, verlaufen, sich theilen und wieder unter sich vereinigen. Es sind das die Nn. ciliares longi. Verfolgt man sie, nur mit Nadeln praeparirend, in der Richtung zum Gasser'schen Ganglion, so überzeugt man sich, dass sie vom N. naso-ciliaris entspringen. Eine Strecke weit kann man sie sogar im letzteren Nerven selbst verfolgen wenn man dessen Fasern auseinanderzerrt. Die Betrachtung der Ursprungsstelle dieser Nerven bei geringer Vergrösserung (Hartn. Syst. 4, Ocul. 3) lehrt, dass die den langen Ciliarnerven zugehörenden Fasern zwischen den

[1] Der N. trochlearis befindet sich zuweilen in einer ziemlichen Entfernung nach aussen vom ersten Trigeminusast auf dem Sphenoidalflügel und tritt in solchen Fällen durch eine eigene Oeffnung in die Augenhöhle.

Fasern des N. naso-ciliaris sich verlieren (Fig. 5. *Nn. c. lg.*). Zuweilen kann man einige von den langen Ciliarnerven bis zum Ganglion Gasseri verfolgen; mir gelang das ein Mal bei der Katze (Fig. 4). François-Franck[1] sah sie vom N. frontalis und N. lacrymalis entspringen; ich habe das kein einziges Mal gefunden.

Die von einer gemeinschaftlichen Scheide umschlossenen Ophthalmicuszweige treten durch die Fissura orbitalis posterior zusammen mit den anderen Nerven, deren Lage zu einander die schon oben geschriebene ist. Hier befindet sich unter diesem Nervenbündel eine ziemlich starke Arterie, welche aus der Carotis interna im Sinus cavernosus entspringt, durch die vordere Wand des letzteren tritt und sich mit der Art. ophthalmica, welche bei Thieren aus der Art. maxillaris interna ihren Ursprung nimmt[2], verbindet. Diese Arterie vereinigt also die Art. ophthalmica mit der Carotis interna[3] (Fig. 1. *R. c.*).

2) Extracranieller Abschnitt des ersten Trigeminusastes. Der Verlauf, wie die topographischen Verhältnisse der langen Ciliarnerven in der Orbita sind schon verwickelter, weshalb ich, um sie genauer beschreiben zu können, auf einige hier befindliche Gebilde, wenn auch kurz, eingehen muss, und das um so mehr, da hierdurch meine anatomische Untersuchungsmethode sich von selbst erklärt.

Nachdem das Schädeldach und das Gehirn entfernt waren, löste ich die Duralbekleidung der vorderen Schädelgrube und die Periorbita seitens der Augenhöhle ab und brach alsdann mittels einer Knochenzange die obere Wand der Augenhöhle dicht bis zum Foramen opticum und Fiss. orb. post. aus. Jetzt hat man den Augapfel mit den zu ihm tretenden Muskeln, Gefässen und Nerven, in eine Kapsel eingeschlossen, vor sich. Oeffnet man letztere mit einem nach vorn geführten Schnitt, in der Mitte des oberen geraden Muskels sich haltend, separirt und schlägt die Lappen möglichst weit zur Seite, so hat man unmittelbar vor sich die Art. ethmoidalis, welche von aussen nach innen quer über den M. rectus sup. verläuft und in das Foramen ethmoidale tritt. Mehr nach hinten von der Arterie, nahe beim Ursprung des oberen geraden Muskels verläuft in derselben Richtung der N. trochlearis, welcher nach seinem Austritt aus der Fiss. orbit. post. quer über den N. Oculomotorius und den M. rectus sup. zum M. obliq. sup. geht und in letzterem endet.

---

[1] *Travaux du laboratoire de M. Marey.* 1875. p. 283.

[2] Ismailow, *Anatomie der Haussäugethiere.* Bd. II. Abs. VI nach Müller. S. 176 (in russischer Sprache).

[3] A. a. O. S. 199.

Neben und etwas nach aussen vom N. trochlearis befinden sich dicht an der hinteren Augenspalte der obere Ast des Oculomotorius, und N. frontalis rami ophthalmici. Ersterer Nerv versorgt den oberen geraden und den nach innen von diesem liegenden M. levat. palp. superioris, letzterer geht auf dem oberen geraden Muskel und unter der Art. ethmoidalis nach vorn. Nach aussen vom M. rect. sup., dem oberen Rande des äusseren geraden Muskels entlang, verläuft der M. lacrymalis, welcher zwischen den Ursprüngen der Art. ethmoidalis et Art. ciliares longae hindurchtritt, und unter welchem sich die Art. lacrymalis und der N. zygomaticus malae, ein Zweig des zweiten Trigeminusastes, befinden. Durchschneidet man die Art. ethmoidalis und den M. rect. sup. an seiner Insertionstelle am Augapfel, zieht den Muskel zurück und nach aussen, so hat man den oberen Theil des M. retractoris bulbi, welcher vom unteren Rand der Fiss. orbit. post. entspringt, vor sich. Dieser Muskel bedeckt nur den vorderen Abschnitt des Sehnerven, weshalb die hintere Hälfte des letzteren, beim Zurückschlagen des durchschnittenen M. rect. sup. freiliegt. In dem dreieckigen Raume, welcher durch die Kreuzung der inneren Retractorfasern mit dem Sehnerven zu Stande kommt, und von hinten von den Rändern des For. opt. und der Fiss. orbit. post. und der Knochenwand zwischen den letzteren begrenzt wird, befinden sich die Gefässe und Nerven, welche auf den Sehnerven treten. Von hinten nach vorn gezählt trifft man hier: den N. oculomotorius, den N. naso-ciliaris, die Nn. ciliares longi und die Art. ciliaris longa. Um den N. opticus mit den ihn begleitenden Theilen vollkommen zu übersehen, muss man den oberen Theil des M. retractor bulbi vorsichtig entfernen; vorsichtig deshalb, weil sehr häufig durch denselben Zweige der langen und kurzen Ciliarnerven treten (Fig. 1).

Nach seinem Austritt aus dem hinteren Augenhöhlenloch giebt der N. oculomotorius einen Zweig zum M. rectus superior, geht unter dem N. naso-ciliaris nach vorn und lagert sich neben dem Sehnerven beim Anfang des M. retractor bulbi. Hierauf begiebt er sich nach unten, unter den N. opticus, schlägt sich um den unteren und inneren Theil des M. retractor bulbi, lagert sich zwischen dem letzteren und den M. rectus inferior, wo er in seine Endzweige zerfällt. An letzterem Orte befindet sich das Ganglion ciliare, welches mit dem N. oculomotorius durch 1 bis 2 Zweiglein verbunden ist. Wenn wir den Orbitaltheil des Sehnerven in drei Abschnitte theilen, so liegt das Ciliarganglion fast an der Grenze des hinteren und mittleren Drittels. Wie bekannt, nehmen die 2 bis 5 kurze Ciliarnerven von dem Ciliarganglion ihren Anfang. Diese sind zu zwei Bündeln vereinigt: ein oberes, dickeres, das durch oder um den unteren Theil des M. retractor bulbi tritt und sich an die äussere Fläche des Sehnerven anlegt, und ein unteres, welches unter den Sehnerven tritt und auf seiner inneren Fläche

liegt. Während ihres Verlaufes nach vorn theilen sich die kurzen Ciliarnerven und gehen mit den langen Ciliarnerven und dem Sympathicus Verbindungen ein.

Nach der Trennung von N. frontalis und N. lacrymalis verläuft der N. naso-ciliaris (Fig. 1. N. n. c.) eine Strecke weit mit den langen Ciliarnerven, tritt dann nach vorn und innen über die Nerven: Nn. abducens, oculomotorius et opticus, sich mit letzteren kreuzend. Den Sehnerven kreuzt er an der Mitte des hinteren Drittels des letzteren. Dieses ist für uns von Interesse, weil es uns zur Orientirung beim Aufsuchen der langen Ciliarnerven während der physiologischen Versuche dienen kann. An derselben Stelle, zuweilen auch etwas höher theilt sich der N. naso-ciliaris in seine Endäste: den N. supratrochlearis (mehr nach vorn) und den N. ethmoidalis (mehr nach hinten). Von dem in der Orbita befindlichen Theile des N. naso-ciliaris gehen ab: 1) Ein dünner Zweig zur Art. ophthalmica, welcher sich mit dem auf der letzteren vorhandenen sympathischen Geflecht verbindet. Dieser Zweig entspringt entweder selbständig vom Stamm des N. naso-ciliaris, oder gemeinschaftlich mit einem langen Ciliarnerven. Im letzteren Falle trennt er sich von dem Ciliarnerven schon vor dem Durchschnitt durch das hintere Augenhöhlenloch und legt sich dem N. naso-ciliaris an. 2) Die langen Ciliarnerven, deren Ursprung uns schon bekannt ist; die Beschreibung ihres weiteren Verlaufes folgt jedoch später. 3) Die sensible oder lange Wurzel des Ciliarganglions. Diese gelangt zum Ganglion ciliare, indem sie nach ihrem Abgange vom N. naso-ciliaris zwischen dem Oculomotorius und dem Sehnerven verläuft, oder sich auf der Scheide des Oculomotorius mit dem letzteren zusammen nach vorn begiebt, und eine von den Nervenfäden, welche den Oculomotorius mit dem Ganglion ciliare verbinden, bildet.

Vor der Beschreibung der langen Ciliarnerven ist es nöthig, Einiges über die Arterien, welche längs dem Sehnerven verlaufen, vorauszuschicken.[1] Die Art. ciliaris longa (Fig. 1. A. l. c.) entspringt aus dem kurzen Stamm der Art. ophthalmica, geht zwischen den äusseren und oberen geraden Muskeln hindurch, kreuzt den oberen Theil des M. retractor bulbi und tritt, sich an dessen inneren Rande hinziehend, an die Scheide des Sehnerven. Ihre zahlreichen Windungen umfassen den Sehnerven. Unweit des Bulbus theilt sie sich in einen vorderen Ast (Fig. 2. R. i.), der in den Bulbus nach innen vom Sehnerven tritt, und einen hinteren, der nach unten ziehend, sich wieder in zwei Zweige theilt. Der eine von den letzteren (Fig. 2 R.

[1] Die Gefässe wurden durch die Art. carotis communis mit einer Masse injicirt, welche aus gleichen Theilen Colophonium, Wachs und Terpentinöl bestand und mit Zinnober gefärbt war.

ex.) tritt von unten an den Sehnerven und dringt in den Bulbus an der äusseren Seite des Sehnerven, der zweite, hintere (Fig. 2. R. c.), verläuft an der unteren oder inneren Fläche des Sehnerven durch das Foramen opticum in die Schädelhöhle, wo er mit einem von den vorderen Aesten der schon aus dem Canalis caroticus getretenen Carotis interna anastomosirt. Das wäre also die zweite Anastomose zwischen den intracraniellen und intraorbitalen Arterien. Sowohl die Art. ciliaris longa wie ihr Ast zur Carotis interna werden vom sympathischen Nervenplexus begleitet; aus letzterem geht oft ein feiner Zweig zum Ciliarganglion. Der Plexus wird besonders mächtig an der Vereinigungsstelle der Arterien, weil hier die Plexus zweier Arterien auf einander stossen und ausserdem Zweige vom Ciliargeflecht, wie wir später sehen werden, noch hinzukommen.

Die Beschreibung passt auch auf die Arterien der Orbita bei Katzen, nur ist der Verbindungszweig zwischen der Carotis interna und der Art. ciliaris longa entsprechend dünner.

Die langen Ciliarnerven treten zusammen mit dem N. naso-ciliaris in die Orbita, verlassen den letzteren während seines Verlaufes vom hinteren Augenhöhlenloch bis zur Kreuzung mit dem N. opticus und gehen in der Richtung zum Augapfel. Wie erwähnt, ist die Zahl der langen Ciliarnerven zwei bis vier. Sie theilen sich während ihres Verlaufes, ohne dass man im Stande wäre, den Ort der Theilung wie die Zahl der Aeste mit Bestimmtheit anzugeben (Fig. 3 u. 4 Nn. c. lg.). Abgesehen von einigen unbedeutenden Abweichungen kann man folgende drei Verlaufsarten der langen Ciliarnerven in der Augenhöhle annehmen:

A) Sie verlassen den N. naso-ciliaris, vier an der Zahl, an dessen Kreuzungsstelle mit dem N. oculomotorius, gehen nach vorn und innen, treten unter dem M. retract. bulbi an den Sehnerven und legen sich auf dessen Scheide, mit welcher sie durch Zellgewebe ziemlich fest verbunden sind. Hierbei bilden sie zwei Bündel, ein äusseres und ein inneres mit je zwei Nerven, welche unter die Art. ciliaris longa treten und an der oberen und äusseren bez. oberen und inneren Seite des Sehnerven nach vorn verlaufen und sich mit den kurzen Ciliarnerven verbinden. Ein solcher Verlauf der langen Ciliarnerven ist äusserst selten, da ich ihn bei 50 von mir untersuchten Hunden nur zweimal antraf.

B) Nachdem die langen Ciliarnerven den N. naso-ciliaris, wie im vorigen Fall, an der Kreuzungsstelle des letzteren mit dem N. oculomotorius oder auch etwas höher verlassen haben, gehen sie, 3 bis 4 an der Zahl, längs des inneren Randes des oberen Theils vom M. retract. bulbi, etwas hinter der Art. ciliaris longa nach vorn. Hierbei tritt einer von den Nerven über diese Arterie in den Raum zwischen der äusseren und inneren Abtheilung des M. retract. bulbi, zuweilen auch in die äussere Abtheilung des Muskels

selbst, worin er nach vorn verläuft und den Muskel erst in der Nähe des Bulbus verlässt, worauf er entweder sich mit einem an der äusseren Fläche des Sehnerven verlaufenden kurzen Ciliarnerven verbindet oder selbständig die Sklera hinter der Insertionsstelle des M. retract. bulbi, über der Eingangsstelle des Sehnerven durchsetzt (Fig. 3. Nn. c. lg. 4). Hensen und Voelckers beschreiben ihn gesondert von den Ciliarnerven: „Neben den Ciliarnerven läuft noch ein sehr feiner Nervenstamm, der in dieser Form nicht constant ist, . . . es könnte ein Sympathicus-Faden sein.“ Doch diese Voraussetzung ist nicht richtig, da sorgfältige Untersuchung alsbald lehrt, dass dieser Nerv nichts weiter als einen Zweig der langen Ciliarnerven darstellt.

Wenn ausserdem noch zwei Ciliarnerven vorhanden sind, so treten sie unter der Art. ciliaris longa einer an die äussere und obere, der andere an die innere und obere Fläche des Sehnerven und theilen sich in zwei oder mehr Aeste, welche mit den kurzen Ciliarnerven sich verbinden. Sind drei lange Ciliarnerven da, so verläuft einer von ihnen, gewöhnlich der stärkste, an der entgegengesetzten Seite des Sehnerven und zerfällt in mehrere Aeste. Hierauf verbinden sich alle drei, wie vorhin, mit den kurzen Ciliarnerven.

Ein solcher Verlauf der langen Ciliarnerven wurde von mir am häufigsten angetroffen (bei 50 Hunden 31 mal), weshalb er als normal bezeichnet werden kann.

C) Bei einer dritten Verlaufsart, verlaufen zwei Nervenzweige längs des oberen Theiles des M. retractor bulbi. Der zweite hat gleichen Ursprung mit dem ersten, wendet sich steil nach unten, zieht auf oder im äusseren Theile des M. retractor bulbi nach vorn und durchsetzt die Sklera nahe beim Eintritt des Sehnerven, etwas nach unten und nach aussen von demselben. Dieser Nerv verbindet sich zuweilen mit einem kurzen Ciliarnerven, welcher in diesem Falle den Retractor durchsetzt, und mit ihm an der äusseren Seite des Sehnerven in den Bulbus tritt. Im Uebrigen ist vollkommene Uebereinstimmung mit dem sub B beschriebenene Verlauf der Nerven vorhanden. Den zuletzt beschriebenen Verlauf der Ciliarnerven fanden wir in 50 Fällen (Hunde) — 17 mal.

Etwas hinter der Grenze des vorderen Drittels vom Sehnerven mit dem mittleren vereinigen sich die langen Ciliarnerven mit den kurzen. Durch mehrfache Theilung und Wiedervereinigung der Nerven kommt ein den Sehnerv von allen Seiten umhüllendes Nervennetz zu Stande. Zu diesem Netz treten Zweige vom N. sympathicus, der die Art. ciliaris longa und diese mit der Art. carotis inter. verbindenden Ast begleitet. An der äusseren und inneren Fläche des Sehnerven ist das Nervennetz stärker (hier verlaufen auch die Zweige von der Art. ciliaris longa), als an der oberen und besonders an der unteren Fläche. Die mikroskopische Untersuchung bei

geringer Vergrösserung (Syst. 4, Ocul. 3 Hartn.) lehrt, dass an den Vereinigungsstellen der langen Ciliarnerven mit den kurzen keine Vermischung der Nervenfasern stattfindet, so dass man die Nerven ohne Verletzung von einander abtrennen könnte.

Die 12 bis 20 Ciliarnerven durchsetzen die Sklera in der Nähe des Sehnerven (Fig. 3 und 4) und gehen zwischen ihr und der Aderhaut zur Iris, wo sie dünner werdend enden, und fernere makroskopische Untersuchung unmöglich wird. Während ihres Verlaufes zwischen der Sklera und Choroidea bilden sie durch Vereinigung und Trennen von einander ein zweites Nervennetz, zu welchem jene langen Ciliarnerven, welche ohne auf den Sehnerven getreten zu sein, in den Bulbus gelangten, hinzutreten. Aus diesem Nervenplexus gehen Zweige zur Chorioidea und dem Ciliarkörper ab.[1]

Wie Fig. 3 und 4 lehren, ist der Verlauf und die Vertheilung der langen Ciliarnerven bei Katzen (10 Fälle) gleich wie bei Hunden, weshalb eine besondere Beschreibung überflüssig wird. Bei Kaninchen sind die langen Ciliarnerven sehr dünn und ich traf deren nie mehr als zwei an. Untersucht habe ich sehr wenige Kaninchen, da ich mich nur über das Vorhandensein der langen Ciliarnerven und ihrer Vereinigung mit den kurzen Ciliarnerven überzeugen wollte; denn eine experimentelle Untersuchung über diese Nerven ist ihrer grossen Feinheit wegen, wie wegen der Lage der Orbita, bei Kaninchen kaum durchzuführen.

Die Betrachtung der langen Ciliarnerven ergiebt, dass sie an der Orbita zum physiologischen Versuch nur von ihrem Abgange vom N. naso-ciliaris ab, bis zur Vereinigung mit den kurzen Ciliarnerven zugänglich sind.

Um Wiederholungen zu vermeiden, will ich kurz die Untersuchungsmethoden, welche allen Versuchen gemein sind, angeben.

Die Versuchsthiere bestanden hauptsächlich in Hunden und theilweise in Katzen, ohne Rücksicht auf Alter und Geschlecht derselben. Langschnäuzige Hunde erwiesen sich ihrer längeren Orbita wegen, als geeigneter zum Versuch, ausserdem fand ich, dass bei Hunden mit glattem und kurzem Haar die Nerven schärfer ausgeprägt sind. Die Versuchsthiere waren alle curarisirt und zwar bis zu dem Grade, wo stärkere Muskelbewegungen schon unmöglich sind, während schwache, z. B. Bewegung der Augenlider,

[1] Um sich leichter über den Verlauf der Ciliarnerven im Bulbus eine Uebersicht zu verschaffen ist der Bulbus vom Zellgewebe und Muskelsehnen zu reinigen und auf 3 bis 4 Tage in $^1/_2$ procentiger Essigsäurelösung zu legen. — Die Sklera quillt auf und wird fast durchsichtig, somit werden die Nerven unter ihr sichtbar und sind leichter zu praepariren.

des Schwanzes, noch bemerkbar blieben. Bei solcher Anwendung von Curare bleibt die Irisbewegung unbeeinflusst, weil die Pupillen auf Lichtwechsel in demselben Maasse und ebenso schnell reagiren, wie vor dem Curarisiren. Von der filtrirten Curarelösung[1] (0·008 ^{grm} Curare auf 1 ^{ccm} aq. dest.) wurde eine bei jedem Versuch angegebene Quantität in eine von den Venen der Hinterextremität eingespritzt. Die Nerven wurden entweder mechanisch, durch Quetschen derselben oder durch Inductionsstrom gereizt. Die Elektroden waren in ein Glasrohr eingeschlossen; das untere Ende des Glasrohrs war in Form einer Schaufel ausgezogen und auf dem letzteren befanden sich die Enden der Drähte. Der Spiralenabstand ist bei jedem Versuche angegeben.

Die Pupillenweite wurde mittelst eines Zirkels bestimmt. Bei einiger Uebung giebt diese grobe Bestimmungsmethode ebenso genaue Zahlen wie andere feinere Methoden. Die Fehler lassen sich vermeiden, wenn man die Pupillenweite bei einem und demselben Abstand zwischen dem Auge des Experimentators und des zu untersuchenden Auges bestimmt, und dem Auge des Versuchsthieres stets die gleiche Lage giebt. Ersteres erreicht man durch Uebung, letzteres durch Curareanwendung.

Bei der Freilegung der langen Ciliarnerven behufs Reizung, ging ich von der von Cl. Bernard[2] empfohlenen Operationsmethode aus, änderte sie jedoch ein wenig ab, weshalb ich mein Verfahren hier angeben muss, und das um so mehr, da der Erfolg des Versuchs hiervon abhängig ist.

Das Versuchsthier wird, auf dem Rücken liegend, befestigt, nach der Tracheotomie curarisirt und künstliche Athmung eingeleitet. Hierauf giebt man dem Kopf eine seitliche Lage, die zu operirende Hälfte nach oben. Um die Cornea von zufälliger Laesion zu bewahren, werden die Augenlider durch eine Klammerpincette geschlossen. Vom äusseren Augenlidwinkel bis zum vorderen Theile der Ohrmuschel wurde die Haut in der Richtung des Jochbogens durchschnitten. Nach der Erweiterung der Wunde durch Auseinanderziehen der Wundränder mittels Haken macht man zwei tiefe Einschnitte bis auf den Knochen, längs des oberen und unteren Randes des Jochbogens. Das Periost wird vom Knochen abgetheilt und der Jochbogen mit einer Knochenzange entfernt. Dasselbe geschieht auch mit der hinteren Hälfte des Jochbeins. Die Abhebung des Periostes hatte eine reinere Wunde zum Zweck. Das hintere Ende des Jochbogens muss man nicht zu nahe dem Unterkiefergelenk abkneifen, um eine Verwundung der Art. max. interna zu vermeiden, was ausser der Blutung noch eine Veränderung der Circulation im Auge herbeiführen würde, da die Art. ophthal-

[1] Curare von E. Merck aus Darmstadt.

[2] *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux.* T. II. p. 73.

mica aus dieser Arterie entspringt. Von dem mit dem Finger durchzufühlenden Processus coronoideus wird, nachdem der auf demselben liegende Muskel quer durchschnitten und mittels des Scalpelstiels abgetrennt ist, ein 2 bis 3 cm langes Stück mit der Knochenscheere entfernt. In der Linie, welche den äusseren Augenwinkel mit dem äusseren Gehörgang verbindet, durchschneidet man jetzt die Kaumuskeln bis auf den Knochen und trennt sie sowohl nach oben als nach unten von letzterem ab, wodurch der Schädel auf eine gute Strecke freiliegt. Ist die Wunde nicht weit genug, so muss ein Theil der Muskeln mit der krummen Scheere entfernt werden, was bei starker Musculatur stets nothwendig wird. Die bisher unbedeutende Blutung ist nun sehr heftig geworden, weshalb man nicht weiter operirt, bis dieselbe gestillt ist. Verhältnissmässig dickere arterielle Zweige werden an beiden Enden unterbunden, bei parenchymatöser Blutung wird die Wunde mit kleinen ausgedrückten Schwämmen tamponirt, mit den Hautlappen bedeckt und 5 bis 10 Minuten ein Druck auf dieselbe ausgeübt.

Vom Anfang der Operation bis zur Stillung der Blutung braucht man gewöhnlich nicht mehr als 10 Minuten.

Ist die Blutung gestillt, so werden die Wandränder auseinandergezerrt und der äussere Augenwinkel und der bei Katzen und Hunden aus Knorpel bestehende äussere Orbitalrand durchschnitten. Hierdurch hat man die ganze Aussenwand der Orbitalkapsel bis zur Fiss. orbit. post. freigelegt. Ist keine Blutung vorhanden, so wird die Kapsel durch einen Längsschnitt in der Mitte oder etwas unter dem M. rectus externus, um die Art. et nerv. lacrymales und den N. zygomaticus malae nicht zu verwunden, aufgetrennt und die Schnittränder durch kleine Haken von einander entfernt, wodurch die Kapsel dazu beiträgt den Wundgrund vor Verunreinigung durch Blut einigermaassen zu schützen. Unter den M. rectus ext. führt man einen stumpfen Haken, durchschneidet ihn einen $^1/_2$ cm weit von seiner Anheftungsstelle an den Bulbus und schlägt den hinteren Abschnitt zurück, in welcher Lage man denselben mit einem scharfen Haken festhält. Die entblössten Theile werden vom Gehülfen durch Befeuchtung mit $^1/_2$ procentigen NaCl-Lösung vor dem Austrocknen bewahrt. Nach der Entfernung des äusseren Geraden sieht man Fettgewebe nebst äusseren Fasern oder oberen und unteren Retractorabtheilungen. Beim Zerzupfen oder vielmehr Zurseiteschieben der Bindegewebe und der Muskelfasern, muss man letztere aufmerksam betrachten, weil unter denselben ziemlich oft Zweige langer Ciliarnerven verlaufen. Finden sich solche vor, so fasst man sie in Ligaturen, durchschneidet und drückt sie in das Fettgewebe, um sie vor Austrocknen zu bewahren. Hat man die Fasern des Retractors zur Seite geschoben, so erblickt man den Sehnerven mit den ihn begleitenden Arterien und Nerven. Um den Sehnerven zugänglich zu machen, fasst der Gehülfe den vorderen

Stumpf des äusseren Geraden und zieht den Augapfel nach vorn, wobei er ihn noch etwas nach innen dreht. Man bestimmt nun die Stelle, an welcher die kurzen Ciliarnerven auf die Sehnervenscheide treten. In den meisten Fällen ist das leicht. Im entgegengesetzten Falle ist es am besten die kurzen Ciliarnerven vom Ganglion ciliare aus zu verfolgen. Letzteres erblickt man, wenn der M. rectus inferior nach aussen und die untere Abtheilung des M. retractor bulbi nach oben gezogen werden. Fasst man mit einem kleinen, scharfen Haken die Sehnervenscheide, wo sie nicht von Gefässen oder Nerven bedeckt ist, und dreht den Sehnerven so um seine Längsaxe, dass die obere Fläche zur äusseren wird, so kann man leicht ihn nach hinten, bis zur Kreuzungsstelle mit dem N. naso-ciliaris verfolgen, wenn man die sie verdeckenden Gebilde zur Seite schiebt. Beim aufmerksamen Zusehen bemerkt man nun auf der Sehnervenscheide Zweige der langen Ciliarnerven in Form weisser, sehr schmaler Streifen. Zuweilen sehen lange Sehnenfäden der Scheide ebenso aus, sie besitzen aber einen eigenthümlichen Glanz, wodurch man sie vom Nerven unterscheiden kann. Das weitere Verfahren hängt vom Operationszweck ab. Sollen die Nerven durchtrennt werden, so führt man unter jeden Zweig einzeln einen scharfen Haken und zerreisst sie zugleich mit dem umgebenden Bindegewebe. Um einen Nervenzweig in Ligatur zu fassen, isolirt man ihn auf eine kleine Strecke und führt unter ihn hindurch mittels einer Nadel von Dechamp einen dünnen Zwirnsfaden. Der Knoten wird mit Hülfe zweier Pincetten geschlungen, der Nervenzweig hierauf durchschnitten und vorsichtig mit einer scharfen Nadel oder einem Haken vom Bindegewebe isolirt. Die Unterbindung und Isolation der Zweige von den langen Ciliarnerven ist sehr schwierig, da man in der Tiefe eines sich verengernden, schlecht beleuchteten Raumes zu operiren hat, wobei die Hände des Operators das Operationsfeld noch mehr beschatten, weshalb die Manipulationen an den langen Ciliarnerven gute Technik und genügende Geduld erfordern.

Wegen der grösseren Dicke und des gefärbten Inhalts ist die Unterbindung der auf dem Sehnerven verlaufenden Art. ciliaris longa und ihrer Anastomose mit der Art. carotis interna schon viel leichter.

Das Ciliarganglion mit den von ihm abgehenden Zweigen findet man, wie angegeben, ziemlich leicht.

Was die Blutung anbetrifft, so ist dieselbe beim vorsichtigen Operiren nicht besonders bedeutend (parenchymatös). Man stillt sie am besten durch Tamponade mit kleinen, trocken ausgedrückten Schwämmchen und äusseren 5 bis 10 Minuten anhaltendem Druck. Von anderen Blutungsstillungsmitteln, Penghawar Djambi u. s. w., sah ich keinen grossen Nutzen, auch besudeln alle diese Mittel die Wunde. Wird ein grösseres arterielles Gefäss oder die Art. ciliaris longa angeschnitten, so sind die beiden Enden zu

unterbinden, wenn es auch zuweilen viel Mühe verursacht. Kommt Blut nach der Eröffnung der Orbitalkapsel in die Wunde, so werden alle Gebilde dermaassen gefärbt, dass eine weitere Fortsetzung der Operation fast unmöglich wird. In solchen Fällen ist nach der Blutstillung die Wunde gründlich mit $^1/_2$ procent. Na Cl-Lösung auszuwaschen und mit einem weichen Schwamm sorgfältig zu trocknen. Gerathener ist es, die Kapsel erst nach vollständiger Blutstillung, so gering auch die Blutung ist, zu öffnen.

Andere Complicationen bei der Operation werde ich bei den einzelnen Versuchen anführen.

Die Versuchsprotokolle wurden theils während der Untersuchung, theils gleich danach geschrieben.

Nach jedem Versuch fand eine Controluntersuchung statt und zwar nach den Regeln, welche bei der anatomischen Uebersicht mitgetheilt sind.

Die Zahl der Versuche beläuft sich auf 46, wovon 38 an Hunden und 8 an Katzen ausgeführt sind.

Da viele dieser Versuche, sowohl hinsichtlich der Anordnung, wie der Resultate, sich vollkommen gleichen, so will ich hier nur einige derselben vorführen.

Versuch 1, 29. November 1884. Trüber Tag. Hündin von 6850^{grm}. 10^h 40′ wurde in die linke Femoralvene 3^{ccm} Curarelösung geführt. Die Operation links. Bei der Entfernung des Jochbogens wurde die Art. maxill. intern. verwundet und unterbunden. Die hintere Ecke der Wunde mit Schwämmen gut tamponirt.

11^h 20′. Die langen Ciliarnerven, 4 an der Zahl, mittels eines scharfen Hakens durchrissen. Das Auge zum Fenster gekehrt.

11^h 40′. Die linke Pupille 4$^1/_2$^{mm}; die rechte 7^{mm}.

11^h 47′. N. vagus sinister in Ligatur gefasst und durchschnitten.

11^h 55′. Die linke Pupille 4$^1/_2$^{mm}. Reizung des centralen Stumpfes vom N. vagus sin. 20″. (Spiralenabstand = 0). Keine Veränderung der linken Pupille.

12^h 3′. Der N. femor. sin. freigelegt und sein centraler Stumpf 15″ lang gereizt (Spiralenabstand = 0). Keine Veränderung der Pupille. Starke Bewegungen des Versuchsthieres während der Reizung.

12^h 10′. Das Auge vom Fenster abgewendet.

12^h 20′. Die linke Pupille 5$^1/_2$^{mm}, die rechte 9^{mm}. Der Kopf zum Fenster gekehrt, worauf sich die Pupillen bis zur früheren Grösse verengten.

Zweimalige Reizung der centralen Stümpfe vom Vagus und N. femoralis blieb ohne Effect auf die Pupille.

Der Versuch dauerte ca. 2 Stunden.

Obductionsbefund: Unbedeutende Blutgerinnsel zwischen den Augenmuskeln. Der äussere Theil der oberen Abtheilung des M. retractor bulbi

durchrissen. Unter seinen Fasern findet sich ein zerrissener Zweig der langen Ciliarnerven. Zu beiden Seiten des Sehnerven, in der Gegend des Ganglion ciliare Risswunden, in welchen Nervenstümpfe (von langen Ciliarnerven) einer an der inneren Seite, zwei an der äusseren sichtbar sind. Der Ciliarnervenzweig im Retractor war während der Operation unbemerkt geblieben und auf dem Sehnerven waren anstatt Nerven, Sehnenfasern der Sehnervenscheide durchrissen worden.

Versuch 2, 1. December 1884. Trüber Tag. Hund von 5150 ^{grm}. 12 ^{h} 37′. In die V. femoralis dext. 3 ^{ccm} Curarelösung geführt. Die Operation rechts. Beim Durchreissen der Retractorfasern auch der Nervenzweig, der unter denselben sich befand, durchtrennt. An der Stelle, wo die langen Ciliarnerven auf der Sehnervenscheide zu sehen waren, mittels eines scharfen Häkchens Einrisse gemacht. Die Operationen ohne irgend welche Complicationen.

1 ^{h} 10′. Der Kopf zum Fenster gedreht.

1 ^{h} 20′. Die rechte Pupille 5 ^{mm}, die linke $7^1/_2$ ^{mm}; beide von regelmässiger Form.

1 ^{h} 25′. Durchschneidung des N. vagus dexter. Keine Veränderung der Pupille.

1 ^{h} 30′. Die rechte Pupille 5 ^{mm}. Elektrische Reizung des centralen Vagusstumpfes 15″ bei 5 ^{cm} Spiralenabstand. Keine Veränderung der Pupille.

1 ^{h} 35′. Ophthalmoskopische Untersuchung des rechten Auges beim Licht einer Kerosinlampe.

1 ^{h} 43′. Die rechte Pupille verengte sich bis auf $1^1/_2$ ^{mm}. Der Oculomotorius hinter dem Ganglion ciliare durchschnitten.

1 ^{h} 50′. Die rechte Pupille 2 ^{mm}. Alle kurzen Ciliarnerven beim Ganglion ciliare durchschnitten.

2 ^{h} 5′. Die rechte Pupille $4^1/_2$ ^{mm}.

2 ^{h} 7′. Reizung des centralen Vagusstumpfes 20″ (Spiralenabstand = 0). Keine Veränderung der Pupille. Dauer des Versuchs 1 ^{h} 30′.

Obductionsbefund: Unter den durchrissenen Fasern der oberen Retractorabtheilung befindet sich ein durchtrennter Zweig der langen Ciliarnerven. Auf dem Sehnerven 3 quere Risswunden: eine an der äusseren Seite in der Gegend des Ganglion ciliare, zwei an der inneren Seite mehr nach vorn gelegen. In der ersten sieht man Stümpfe von zwei langen Ciliarnerven, welche neben einander liegen, in der letzteren je einen Nervenstumpf. In der vordersten Wunde ist der lange Ciliarnerv kurz vor seiner Vereinigung mit einem kurzen zerrissen worden. Der Oculomotorius hinter dem Ganglion ciliare durchschnitten, ebenfalls durchschnitten alle kurzen Ciliarnerven bei ihrem Abgange vom Ciliarganglion.

Versuch 3, 3. December 1884. Trüber Tag. Hündin von 5300^{grm}. 11^{h} 40′. In die V. femoralis dextra 3^{ccm} Curarelösung geführt. Die Operation rechts. Ausser dem Nervenzweig unter den Retractorfasern durchriss ich noch vier auf der Sehnervenscheide. Keine Complicationen.

12^{h} 10′. Das Auge zum Fenster gekehrt.

12^{h} 15′. Die rechte Pupille 4^{mm}, die linke 7^{mm}. Der rechte Vagus am Halse durchschnitten, ohne dass die Pupillenweite sich verändert.

12^{h} 25′. Elektrische Reizung des centralen Vagusstumpfes 15″ bei 5^{cm} Spiralenabstand. Keine Veränderung der Pupille. Reizung des centralen Vagusstumpfes 10″ (Spiralenabstand = 0), ohne Veränderung der Pupille.

12^{h} 30′. Operation links. Nachdem der äussere gerade Augenmuskel durchschnitten war, hielt man mit der Operation inne.

12^{h} 55′. Die linke Pupille ca. 8^{mm}. Der linke Vagus am Halse durchschnitten.

1^{h} 10′. Die linke Pupille $4^{1}/_{2}$^{mm}. Der linke Oculomotorius hinter dem Ciliarganglion durchschnitten.

1^{h} 17′. Die linke Pupille 6^{mm}. Auf 5″ andauernde Reizung des centralen Stumpfes vom linken Vagus (Spiralenabstand = 0), erweiterte sich die linke Pupille ad maximum. Die Elektroden werden hierauf 3″ lang an das Centrum der Cornea gehalten, worauf die Pupille sich bis auf 3^{mm} verengte. Zwei Zweige von langen Ciliarnerven, welche man auf der Sehnervenscheide erblickte, wurden durchgerissen.

1^{h} 30′. Die linke Pupille $3^{1}/_{2}$^{mm}, von unregelmässiger Form. Reizung des centralen Stumpfes vom linken Vagus 10″ (Spiralenabstand = 0). Die Pupille erweiterte sich unregelmässig; sie rückte nach oben und aussen.

Der Versuch dauerte 2 Stunden.

Obductionsbefund. Rechtes Auge. Durchrissener Nervenzweig der langen Ciliarnerven unter den durchrissenen Fasern der oberen Abtheilung vom Retractor. Auf der Sehnervenscheide 4 Wunden; in einer derselben 2, in zweien zu einem und in einem keine zerrissene Ciliarnervenzweige. Die Ciliarnerven in der Gegend des Ganglion ciliare zerrissen. Linkes Auge. An der äusseren Seite des Sehnerven waren zwei lange Ciliarnerven durchrissen. Der Ciliarnervenzweig, welcher durch die obere Abtheilung des Retractor geht, intact, ebenfalls ein Nervenzweig, der sich in zwei Aeste theilte, an der inneren Seite des Sehnerven. Die Risse der Nerven hinter dem Ganglion ciliare. Der N. oculomotorius 1^{mm} hinter dem Ganglion ciliare durchschnitten und an dieser Stelle die Sehnervenscheide gleichfalls angeschnitten.

Versuch 4, 21. October 1884. Heller Tag. Hund von 3100^{grm}. 11^{h}. 2^{ccm} Curarelösung in die V. femoral. dextra. Die Operation am

rechten Auge. Während der Sehnerv freigelegt wurde, traten heftige Bewegungen des Versuchsthieres auf, weshalb noch $1^1/_2$ ccm Curarelösung applicirt wurde. Fast in der Mitte des Sehnerven, etwas höher als die kurzen Ciliarnerven, sieht man auf der Scheide 2 nebeneinander verlaufende und nach innen noch einen Nervenzweig. Unter diese wurden Ligaturen geführt; beim Zuschlingen derselben erfolgte eine unregelmässige Erweiterung der Pupille (nach oben und etwas nach aussen). Hinter den Ligaturen wurden die Nerven mittels einer Scheere durchschnitten. Hierauf wurde ein Nervenzweig etwas isolirt. Der Kopf zum Fenster gewendet.

12 h. Rechte Pupille 2 mm, linke 5 mm. Bei der Durchschneidung des rechten Vagus, blieb die Pupille ohne Veränderung. Während der hierauf erfolgenden 20″ andauernden Reizung des centralen Vagusstumpfes (Spiralenabstand = 0) erweiterte sich die Pupille langsam und unregelmässig; das obere, innere Segment der Iris blieb fast ohne Veränderung. Die Form der Pupille giebt die Fig. 6, I *d* wieder.

12 h 15′. Die rechte Pupille 2 mm. Auf mechanische Reizung (Quetschung mit der Pincette) eines der durchschnittenen Ciliarnerven, erfolgte eine geringe Erweiterung der Pupille und zwar an der entgegengesetzten Seite, als nach der Vagusreizung, wobei sie oval wurde.

12 h 25′. Die rechte Pupille 2 mm. Es wurde der Versuch gemacht, den peripheren Stumpf eines langen Ciliarnerven, der etwas isolirt worden war, elektrisch zu reizen, doch die Isolation erwies sich als ungenügend zur Reizung.

Der ganze Versuch dauerte etwas über $1^1/_2$ Stunde.

Obductionsbefund: Auf dem Sehnerven sieht man an zwei Stellen Knoten von den Ligaturen, in welchen man Nervenfäden fand und zwar in der mehr inneren 2 und in der mehr nach aussen gelegenen 1. Diese Nervenzweige gehören den langen Ciliarnerven an. Durch die untere Abtheilung des M. retractor bulbi geht ein Zweig von langen Ciliarnerven, ausserdem befindet sich an der inneren Seite des Sehnerven noch ein Nervenzweig, welcher in der Höhe des Ciliarganglions unter dem N. opticus tritt und sich hier mit einem Zweig aus dem Ganglion ciliare verbindet. Beide letztgenannten Zweige der langen Ciliarnerven blieben intact.

Versuch 5. 2. November 1884. Trüber Tag. Junger Hund von 5400 grm. 11 h. In die V. femoralis dextr. 2 ccm Curarelösung. Die Operation am rechten Auge. Auf dem Sehnerven, in der Nähe der Kreuzungsstelle mit dem N. naso-ciliaris, sieht man vom letzteren zwei Nervenzweige abgehen; diese wurden in Ligatur gefasst. Beim Durchschneiden dieser Zweige wurde die Arteria ciliare longa verwundet, worauf eine bedeutende Blutung erfolgte. Beide Enden der langen Ciliararterie unterbunden, die

Wunde gut mit $^1/_2$ procentiger Na Cl-Lösung ausgewaschen und getrocknet. Da das Thier sich bewegte, wurde noch $1^1/_2$ ccm Curarelösung applicirt.

11 h 50′. Der Kopf des Hundes dem Fenster zugewendet

11 h 55′. Rechte Pupille $4^1/_2$ mm, linke $6^1/_2$ mm. Während der Durchschneidung des rechten Vagus am Halse, veränderte die Pupille sich nicht.

12 h 5′. Rechte Pupille ca. 4 mm. Bei der Reizung des centralen Vagusstumpfes 20″ (Spiralenabstand = 0) erweiterte sich die Pupille langsam und zwar nach oben zu (Fig, 6. II *d*), wobei ihre Durchmesser von rechts nach links $4^1/_2$ mm und von oben nach unten 8 mm betrugen. Erholungspause.

12 h 20′. Die rechte Pupille 4 mm. Die mechanische Reizung (Pincette) des peripheren Stumpfes eines langen Ciliarnerven hatte eine unbedeutende Erweiterung der Pupille nach unten und innen zur Folge.

12 h 25′. Rechte Pupille 4 mm. Wie vorhin wurde der centrale Vagusstumpf gereizt und mit demselben Resultat. Erholungspause.

12 h 50′. Heftige Bewegungen des Versuchsthieres, weshalb noch $2^1/_2$ ccm Curarelösung einverleibt. Die Operation am linken Auge regelrecht ausgeführt.

1 h 10′. Die linke Pupille reagirt noch auf Lichtwechsel, weil ihr Durchmesser beim zum Fenster gekehrten Auge $5^1/_2$ mm beträgt. Die Kapsel geöffnet. Nachdem der M. rectus externus emporgehoben worden, durchtrennt man mit der Scheere den Sehnerven nebst den auf ihm liegenden Gebilden etwas hinter dem Ganglion ciliare. Bedeutende Blutung. Die Wunde leicht mit Schwämmchen austamponirt. Die Pupille erweiterte sich regelmässig bis zu $8^1/_2$ mm Durchmesser und reagirt nicht mehr auf Lichtwechsel.

1 h 25′. Der linke Vagus am Halse durchschnitten. Auf die elektrische Reizung seines centralen Stumpfes 20″ lang (Spiralenabstand = 0), erfolgte ein unbedeutendes Hervortreten des Auges, während die Pupille unverändert blieb. Die Reizung des linken Vagus wurde zwei Mal mit demselben Resultat wiederholt. Die Versuch dauerte ca. $2^1/_2$ Stunden.

Obductionsbefund. Das rechte Auge. Zwischen den Augenmuskeln Blutgerinnsel. Auf dem Sehnerven, über dem Ganglion ciliare, bemerkt man zwei Knoten von den Ligaturen an den langen Ciliarnerven. Mehr nach vorn und etwas nach aussen ist das centrale Ende der Art. ciliaris longae unterbunden. In der Arterienligatur befand sich ein Zweig des äusseren Ciliarnerven, der selbst durchschnitten und in die äussere Ligatur gefasst war. Das periphere Ende der Art. ciliaris longae ebenfalls unterbunden. Vom inneren durchschnittenen und in eine Ligatur gefassten langen Ciliarnerven, sieht man über der Ligatur einen dünnen Zweig abgehen, der auf dem Sehnerven nach vorn verläuft und mit dem Nervengeflecht auf demselben in

der Nähe des Bulbus in Verbindung tritt. Dieser Zweig war intact geblieben. Unter den Fasern der oberen Abtheilung des M. retract. bulbi fand man einen durchrissenen Zweig der langen Ciliarnerven, dessen Existenz während der Operation nicht constatirt worden war.

Linkes Auge. Bedeutender Bluterguss zwischen die Augenmuskeln. Der N. opticus nebst den sie begleitenden langen Ciliarnerven und Gefässen 2 ^{mm} über dem Ganglion ciliare durchschnitten. Ebenfalls durchschnitten die obere Abtheilung des M. retractor bulbi mit einem N. oculomotorius, an seiner äusseren Seite.

Versuch 6. 31. October 1884. Trüber Tag. Hündin von 5400 ^{grm}. Die langen Ciliarnerven des rechten Auges durchschnitten. Der Versuch dauerte $1\frac{1}{2}$ Stunden. In die V. femor. dext. wurde zwei Mal zu $3\frac{1}{2}$ ^{ccm} Curarelösung injicirt.

12 ^{h}. Linkes Auge. Der äussere Augenwinkel bis zum knorpeligen Theil der Orbita durchschnitten, die Conjunctiva rings um die Cornea abpraeparirt und mittels des Hakens und der Scheere von Gräfe, die Muskelinsertionen ausser dem M. retractor bulbi durchtrennt, das Zellgewebe um den Bulbus ebenfalls durchrissen.

12 ^{h} 10′. Der linke Vagus durchschnitten. Sobald die Elektroden (Spiralenabstand = 0) an seinen centralen Stumpf gelegt worden, erfolgte maximale und gleichmässige Erweiterung der Pupille, fast bis zum Verschwinden der Iris. Mehrmals wiederholt.

Obductionsbefund. Unbedeutende Blutgerinnsel um den Augapfel. Alle geraden und beide schiefen Muskeln in der Nähe ihrer Insertion durchschnitten. Unversehrt gefunden: der Sehnerv mit den ihn begleitenden Nerven und Gefässen und beide Abtheilungen des M. retractor bulbi.

Versuch 7. 4. October 1884. Heller Tag. Hündin von 5500 ^{grm}.

10 ^{h} 40′. 3 ^{ccm} Curarelösung in die V. femoralis dextr. Die Operation nach den allgemeinen Regeln am rechten Auge. In der oberen Retractorabtheilung ein Nervenzweig durchschnitten. Zwei den Sehnerven begleitende Nervenzweige in Ligaturen gefasst, wobei eine partielle Pupillenerweiterung bemerkt wurde. Diese Nervenzweige durchschnitten und der periphere Stumpf eines derselben etwas isolirt. Die Operation ohne Complication. Das Thier bewegte sich.

11 ^{h} 20′. Noch $1\frac{1}{2}$ ^{ccm} Curarelösung einverleibt. Bei nach dem Fenster zugewendeten Kopfe, die rechte Pupille $3\frac{1}{2}$ ^{mm} etwas unregelmässig nach unten ausgezogen. Die linke Pupille 5 ^{mm}. Der rechte Vagus am Halse durchschnitten, während welcher Manipulation die Pupille unverändert blieb.

11 ^{h} 27′. Die rechte Pupille $3\frac{1}{2}$ ^{mm} von mehr regelmässiger Form. Bei der 20″ andauernden Reizung des centralen Vagusstumpfes (Spiralen-

abstand = 0), erweiterte sich die Pupille allmählich, jedoch unregelmässig; die Contraction der Iris ging nur im weiteren Abschnitt vor sich, so dass die Pupille die umgekehrte Form von Fig. 6, II *d* annahm. Der Durchmesser der Pupille von rechts nach links 4 mm, von oben nach unten $7^1/_2$ mm.

11 h 35′. Die rechte Pupille ca. 4 mm. Der N. femor. dext. freigelegt und durchschnitten, wobei keine Pupillenerweiterung zu sehen war. Auf die 20″ dauernde Reizung seines centralen Stumpfes (Spiralenabstand = 0), verändert sich die Pupille, wie vorhin angegeben, nur nicht so ergiebig. Während der Reizung bewegt sich das Versuchsthier.

11 h 45′. Die rechte Pupille ca. 4 mm. Die mechanische Reizung (Kneipen mit der Pincette) der peripheren Stümpfe, der den Sehnerven begleitenden Nervenzweige, hatte eine unbedeutende partielle Erweiterung der Pupille nach oben und etwas nach innen zur Folge.

12 h. Die Reizung des N. vagus dext. mit der schon angegebenen Stromstärke und von gleicher Dauer, war von gleichem Resultat begleitet.

12 h 5′. Die Reizung des N. femor. dext. gab eben solche Veränderung der Pupille, wie das erste Mal.

Der Versuch dauerte $1^1/_2$ Stunde.

Obductionsbefund. Von den langen Ciliarnerven erweisen sich als durchschnitten: der Nervenzweig, welcher durch die obere Retractorabtheilung tritt, und zwei den Sehnerven begleitende Nervenzweige. Alle waren hinter dem Ganglion ciliare durchtrennt. Von dem inneren, den N. opticus begleitenden Nerven, ging über der Ligatur ein Zweiglein ab, das eine ziemliche Strecke unter der Art. ciliaris longa verläuft und an den an der inneren Seite des Sehnerven nach unten tritt um sich mit einem Zweige der kurzen Ciliarnerven zu vereinigen. Dieser Nervenzweig war unversehrt geblieben.

Versuch 8. 27. November 1884. Ziemlich heller Tag. Katze von 4750 grm. 11 h 30′ wurde unter die Bauchhaut zwei Pravaz'sche Spritzen voll Schwefelaether gespritzt.

12 h. Keine Narkose. Durch die V. femor. dext. 3 ccm Curarelösung einverleibt. Die Operation am linken Auge nach der allgemeinen Regel. Am Sehnerven 2 Nervenzweige, welche dem N. naso-ciliaris entstammten, durchschnitten, wobei die Pupille sich stark erweitert (mehr nach aussen). Die Pupillenweite vor der Operation 3 mm, nach derselben 7 mm. Die Operation ohne Complicationen.

12 h 45′. Die linke Pupille etwas weniger als 3 mm, die rechte 3 mm. Der linke Vagus am Halse durchschnitten und der Sympathicus von ihm abpraeparirt. Während der Manipulationen am Sympathicus, die Pupille etwas erweitert.

12 h 53′. Die linke Pupille $2^1/_3$ mm. Die 15″ lange Reizung des oberen Stumpfes vom linken Sympathicus (Spiralenabstand = 0) hatte eine Pupillenerweiterung bis 6 mm zur Folge und zwar erweiterte sich die Pupille mehr nach innen. Der rechte Vagus wurde durchschnitten und der obere Stumpf des N. sympathicus dext. mit derselben Stromstärke gereizt, worauf sich die rechte Pupille bis auf $13^1/_2$ mm erweiterte. Die linke Pupille blieb ohne Veränderung.

1 h 5′. Die linke Pupille 2 mm. Auf Reizung des linken Sympathicus erfolgte eine Erweiterung der linken Pupille bis 5 mm (mehr nach innen). Dieser Versuch wurde mit gleichem Effect mehrmals wiederholt.

Obductionsbefund. An der äusseren Seite des Opticus, in der Gegend des Ciliarganglions, waren zwei Aeste der langen Ciliarnerven durchschnitten, An der inneren Seite des N. opticus zieht ein sehr dicker Nervenast nach vorn. Dieser war während der Operation für einen kurzen Ciliarnerven angesehen und deshalb geschont worden.

Versuch 9. 28. November 1884. Trüber Tag. Katze von 2700 grm. 10 h 30′. In die V. femor. dextr. 2 ccm Curarelösung. Die Operation in angegebener Weise am linken Auge. Die Pupillen vor der Operation in querer Richtung ca. 6 mm. Auf dem N. opticus wurden zwei Nervenfäden durchrissen, wobei die Pupille nach der einen Seite hin sich erweiterte.

11 h 15′. Die linke Pupille 4 mm, die rechte $6^1/_2$ mm. Der linke Vagus am Halse durchschnitten und der Sympathicus von ihm getrennt; während dieser Manipulationen war fast keine Erweiterung der Pupille zu bemerken.

11 h 25′. Auf die 15″ andauernde Reizung des peripheren Sympathicusstumpfes (Spiralenabstand = 0) erweiterte sich die Pupille um 2 mm in verticaler Richtung, besonders nach unten hin.

11 h 32′. Der N. femor. sin. freigelegt und durchschnitten. Auf die 15″ lange Reizung seines centralen Stumpfes (Spiralenabstand = 0), erweiterte sich die Pupille nach unten hin, jedoch weniger, als bei der Sympathicusreizung. Die rechte Pupille erweiterte sich bis zu $11^1/_2$ mm in querer Richtung. Die Reizung des Sympathicus und des N. femoral. sin. wurde mit gleichem Effect einige Male wiederholt. Der Versuch dauerte etwas über eine Stunde.

Obductionsbefund. Auf dem N. opticus waren vier lange Ciliarnerven, etwas über dem Ganglion ciliare, durchschnitten. Sie verliefen zu zwei in zwei Bündel. Ueber der Durchrissstelle ging von einem derselben ein dünner Zweig ab, welcher unter die Art. ciliar. long. tritt und sich mit einem kurzen Ciliarnerven an der inneren Seite vom N. opticus verbindet. Derselbe war unversehrt geblieben.

Versuch 10. 13. November 1884. Trüber Tag. Hündin von 3750 grm. 10 h 35′. In die V. femor. sinis 3 ccm Curarelösung. Die Operation, wie angegeben, am rechten Auge. Zwei den N. opticus begleitende Nervenfasern durchschnitten, dabei die Art. ciliar. longa verwundet, weshalb ihre beiden Enden unterbunden. Die Wunde mit $^1/_2$ procentiger Na Cl-Lösung ausgewaschen.

11 h 20′. Die rechte Pupille 5 mm, etwas unregelmässig; die linke 8 mm. Der Kopf vom Licht abgewendet. Der N. femor. dext. durchschnitten und in Ligatur gefasst, wobei keine Veränderung in der Pupillenweite bemerkbar wurde.

11 h 27′. Auf die 15″ andauernde Reizung des centralen Stumpfes vom N. femor. dext. (Spiralenabstand = 0), erweiterte sich die rechte Pupille unbedeutend und zwar nach oben und aussen hin, so dass sie von oben und aussen, nach unten und innen 8 mm, dagegen von oben nach unten und von oben nach innen, nach unten und aussen $5^1/_2$ mm betrug. Die linke Pupille erweiterte sich gleichmässig bis 10 mm.

11 h 32′. Der Kopf des Versuchsthieres zum Fenster gewendet. Die rechte Pupille verengte sich bis auf 3 mm, die linke bis auf 6 mm. Der rechte Vagus durchschnitten, wobei sich die Pupille nicht veränderte.

11 h 45′. Auf 15″ lange Reizung des centralen Stumpfes vom rechten Vagus (Spiralenabstand = 0), erweiterte sich die rechte Pupille, wie vorhin angegeben, jedoch in geringerem Grade, so dass der Durchmesser nach oben und aussen 5 mm, in entgegengesetzter Richtung aber 4 mm betrug; dabei drängte sich das Auge hervor.

11 h 55′. Die rechte Pupille 3 mm, die linke 6 mm. Auf die 15″ lange Reizung des centralen Stumpfes vom N. femor. dext., erweiterte sich die rechte Pupille ganz unbedeutend, bis auf ca. 4 mm, wobei sie eckig wurde; die linke Pupille 11 mm.

12 h. Die rechte Pupille 3 mm, die linke 6 mm. Der Kopf des Thieres vom Fenster abgewendet.

12 h 10′. Die rechte Pupille erweitert sich langsam bis auf $4^1/_2$ mm, die linke bis auf ca. 8 mm. Auf 20″ andauernde elektrische Reizung des centralen Stumpfes vom rechten Vagus (gleiche Stromstärke), erweiterte sich die rechte Pupille bis zur vorhin angegebenen Grösse bei der Reizung des N. femoralis. Der Kopf des Versuchsthieres zum Fenster gewendet.

12 h 15′. Die rechte Pupille etwas über 3 mm, die linke $5^1/_2$ mm. Es traten willkürliche Bewegungen auf. Der Versuch dauerte über 1 h 40′.

Obductionsbefund. Die Art ciliaris longa, in der Gegend des Ganglion ciliare doppelt unterbunden. Zwei Nervenstämme, welche den N. opticus begleiten, etwas unterhalb des Ciliarganglions durchschnitten. Der innere derselben ist aber nur ein Zweig eines langen Ciliarnerven, dessen anderer

Zweig unversehrt blieb. Die Theilung des äusseren Nervenstammes erfolgt unter der Durchschnittsstelle. Unversehrt gefunden auch der die obere Abtheilung des M. retractor bulbi gehende lange Ciliarnerv.

Versuch 11. 21. November 1884. Trüber Tag. Hund von 3220 grm. 11 h 30′. Application von $2^1/_2$ ccm Curarelösung. Die Operation nach der schon angegebenen Methode am rechten Auge. Beim Durchschneiden der oberen Retractorabtheilung stiess ich auf einen ziemlich starken Nerven, welchen ich in eine Ligatur fasste und oberhalb letzterer durchschnitt. Die Pupille rückte nach unten und innen, bekam eine etwas unregelmässige Form und ihr Durchmesser betrug $4^1/_2$ mm. Ein den N. opticus begleitender Nervenzweig und zwar an der äusseren Seite des Sehnerven durchschnitten. Der Kopf dem Fenster zugewendet.

12 h. Die rechte Pupille ca. $4^1/_2$ mm, die linke 6 mm. Der rechte Vagus am Halse durchschnitten.

12 h 5′. Auf die 20″ andauernde Reizung des centralen Vagusstumpfes (Spiralenabstand = 0) erweiterte sich die Pupille langsam und rückte nach innen und etwas nach unten, wie Fig. 6. III, s (links) es demonstrirt.

12 h 15′. Die rechte Pupille $4^1/_2$ mm. Auf die 10″ dauernde Reizung des peripheren Stumpfes des durch die obere Retractorabtheilung verlaufenden Nerven (Spiralenabstand = 0), erweiterte sich die Pupille schnell und rückte dabei nach oben und aussen, wie Fig. 6. III, s (rechts) es demonstrirt.

12 h 20′. Noch zwei Zweige der langen Ciliarnerven, an der inneren Seite des N. opticus durchschnitten.

12 h 36′. Die rechte Pupille 4 mm. Ihre Form mehr regelmässig. Sie blieb bei der 20″ dauernde Reizung des centralen Vagusstumpfes (Spiralenabstand = 0) unverändert.

12 h 40′. Auf die 20″ andauernden Reizung des peripheren Stumpfes vom Nervenzweig, welcher durch die obere Retractorabtheilung tritt (Spiralenabstand = 5 cm), erfolgte eine eben solche Erweiterung der Pupille nach aussen und oben, wie vorhin. Der Tag wurde heller. Die rechte Pupille verengte sich bis auf 3 mm. Der Kopf vom Fenster abgewendet.

12 h 55′. Die Pupille erweiterte sich sehr langsam bis auf 4 mm. Die Reizung des peripheren Stumpfes des angegebenen Nervenzweiges, 10″ lang bei 5 ccm Spiralenabstand, hatte gleiche Formveränderung der Pupille zur Folge. Der Kopf zum Fenster gewendet. Die Pupille verengte sich schnell bis auf 3 mm. Ziemlich heftige Bewegungen des Versuchsthieres.

1 h 5′. $1^1/_2$ ccm Curarelösung einverleibt. Die Operation am linken Auge. Unterhalb des Ciliarganglions unterbunden, die Art. ciliaris longa und ihre Anastomose mit der Art. carotis interna, wobei die Gefässe nicht isolirt wurden, sondern auch das umliegende Bindegewebe mit in die Ligatur kam.

1^h 35′. Die linke Pupille $5^1/_2$ mm. Der linke Vagus durchschnitten, während dieser Procedur erweiterte sich die Pupille etwas. 5″ lange Reizung des centralen Stumpfes von Vag. sin. (Spiralenabstand = 0) hatte eine schnelle und regelmässige Erweiterung ad maximum der Pupille zur Folge.

1^h 40′. Die Vagusreizung ist von gleichem Effect begleitet.

Obductionsbefund. Rechtes Auge. Alle Zweige der langen Ciliarnerven durchschnitten.

Der durch die obere Retractorabtheilung gehende Nervenzweig auf eine Strecke von 1 cm freigelegt und durchschnitten. Linkes Auge. Etwas unterhalb des Ciliarganglions findet sich an der Art. ciliar. longa eine Ligatur, ebenfalls eine an dem Verbindungszweige der Art. ciliaris longa, mit der Carotis interna, kurz nach dem Abgange von der ersteren. Bei sorgfältiger Praeparation konnte man sich überzeugen, dass die die Gefässe begleitenden Sympathicusfasern mit in die Ligaturen gefasst worden waren.

Versuch 12. 11. November 1884. Trüber Tag. Hündin von 4250 grm. 10^h 30′. In die V. femor. dext. 3 ccm Curarelösung. Die Operation nach der angegebenen Methode links.

10^h 40′. Die Orbitalkapsel freigelegt. Da das Thier sich bewegt, daher noch $1^1/_2$ ccm Curarelösung Fortsetzung der Operation. Der durch die obere Retractorabtheilung verlaufende Nervenzweig in die Ligatur gefasst. Am Opticus zwei lange Ciliarnerven durchschnitten.

11^h 15′. Der Kopf gegen das Fenster gewendet. Die linke Pupille 5 mm und von etwas unregelmässiger Form. Die rechte Pupille $7^1/_2$ mm. Das Kneipen des peripheren Stumpfes der langen Ciliarnerven, welche den Opticus begleiten, giebt eine einseitige Pupillenerweiterung.

11^h 35′. Der linke Vagus durchschnitten. Die 20″ andauernde Reizung seines centralen Stumpfes (Spiralenabstand = 0), hatte eine langsame Erweiterung der linken Pupille zur Folge: sie wurde oval, ihr verticaler Durchmesser betrug 9 mm, ihr horizontaler $5^1/_2$ mm.

11^h 40′. Die linke Pupille 5 mm. Auf die 10″ lange Reizung des peripheren Stumpfes vom Nervenzweig, der durch die obere Retractorabtheilung verläuft (Spiralenabstand = 5 cm), rückte die Pupille stark nach oben und aussen, wie im Versuch 11 (Fig. 6, III, s, rechts).

11^h 45′. Das Thier bewegt sich, weshalb $1^1/_2$ ccm Curarelösung einverleibt. Die Wunde nochmals besichtigt und an zwei Stellen noch Nervenzweige durchschnitten.

12^h. Die linke Pupille 4 mm. Sie blieb unverändert bis zu 20″ langer Reizung des Stumpfes vom linken Vagus (Spiralenabstand = 0).

12^h 5′. Wie vorhin gab die Reizung (10″ bis 5 cm Spiralenabstand) des peripheren Stumpfes vom Nervenzweig, der durch die obere Retractorabtheilung tritt, eine Pupillenerweiterung nach aussen und oben.

Obductionsbefund. Durch die Fasern der oberen Retractorabtheilung verläuft ein langer Ciliarnerv, der durchschnitten und dessen peripheres Ende in eine Ligatur gefasst ist. Am N. opticus sind vier Zweige der Ciliarnerven, von ihrer Vereinigung mit den kurzen Ciliarnerven durchschnitten.

Unsere Versuche erlauben uns folgende Schlussfolgerungen zu machen:

1) Alle pupillenerweiternden Nerven treten ohne Vermittelung des Ganglion ciliare nahe dem Eintritt des N. opticus in den Bulbus; s. Versuch 6, 11 (rechtes Auge) und alle sub 2 aufgezählten Versuche.

2) Nach der Durchschneidung aller langen Ciliarnerven wird die Pupille eng, behält dabei aber ihre regelmässige Form. Die hierauf folgende Durchschneidung des Halssympathicus, führt keine stärkere Pupillenverengerung herbei; auch giebt die Reizung des peripheren Sympathicusstumpfes oder des centralen Stumpfes eines sensiblen Nerven (der Hinterextremität) keine Erweiterung der Pupille mehr. Versuche 1, 2, 3 (rechtes Auge), 11 (rechtes Auge) und 12.

3) Sind nicht alle langen Ciliarnerven durchschnitten, so verengt sich die Pupille ebenfalls, sie erhält jedoch dabei eine unregelmässige Form. Durchschneidet man hierauf den Halssympathicus, so wird die Pupille noch enger, während ihre Form regelmässiger wird. Auf die Reizung des peripheren Sympathicusstumpfes oder des centralen Stumpfes eines sensiblen Nerven, erfolgt nun eine Erweiterung der Pupille; sie bekommt dabei aber eine ebenso unregelmässige Form wie vorhin, jedoch in viel stärkerem Grade (s. Fig. 6, I, d; II, d; III, s (links). Versuche 3 (linkes Auge), 4, 5 (rechtes Auge) und 12.

4) Die Reizung der einzelnen peripheren Stümpfe langer Ciliarnerven, hat eine partielle Iriscontraction, d. h. eine einseitige Pupillenerweiterung zur Folge (Versuch 4, 5, (rechtes Auge), 7, 8, 11 und 12).

Anzuführen ist, dass die Reizung der den N. opticus begleitenden langen Ciliarnerven weniger schnelle Pupillenerweiterung giebt, als die Reizung des durch die obere Retractorabtheilung tretenden Zweiges, was wohl dadurch zu erklären ist, dass erstere bei ihrer Isolation mehr laedirt werden, als letzterer.

Was die unregelmässige Form der Pupille in den Fällen, wo nicht alle Ciliarnerven durchschnitten sind oder ihre einzelnen peripheren Stümpfe gereizt werden, anbetrifft, so geben schon Hensen und Voelcker (a. a. O. S. 17) eine analoge Erscheinung bei der Reizung der kurzen Ciliarnerven an, und zwar wenn letztere einzeln gereizt wurden.

5) Der Zweig der langen Ciliarnerven, welcher durch die obere Abtheilung des M. retractor bulbi verläuft, versorgt das obere und äussere

Segment der Iris, d. h. seine Reizung ruft eine Erweiterung der Pupille nach oben und aussen hervor (s. Fig. 6. III, s) (rechts). Versuche 11, 12 und theilweise 3 (linkes Auge).

Hiermit wäre dargethan, dass die pupillenerweiternden Nervenfasern das Ganglion Gasseri mit dem ersten Trigeminusast verlassen und mit den langen Ciliarnerven zur Iris gelangen.

Würde die Existenz des M. dilatator pupillae keinem Zweifel unterliegen, so läge es am nächsten anzunehmen, dass die pupillenerweiternden Nerven motorisch sind und diesen Muskel innerviren. Da nun aber einige Autoren einen besonderen Dilatator nicht anerkennen und die Erweiterung der Pupille durch Gefässe der Iris erklären, so wäre es übereilt sich positiv über das Gebiet dieser Nerven auszusprechen. Natürlich ist der anatomische Fund des M. dilatator pupillae der einzig richtige Beweis für die Annahme eines solchen Muskels; nichtsdestoweniger kann auch durch eine Reihe indirecter Beweise die Existenz dieses Muskels sehr wahrscheinlich gemacht werden. In der Litteratur finden wir viele Angaben letzterer Art, welche hier aufzuzählen ich für überflüssig halte, theils weil sie den sich hierfür interessirenden Forschern schon bekannt sind, theils weil sich in der Arbeit von Zeglinski[1] eine Uebersicht in dieser Hinsicht vorfindet. Im Nachfolgenden will ich nur einige Versuche in Betreff des Verhältnisses zwischen der Pupillenerweiterung und der Veränderung der Blutgefässe des Auges, welche ich mittels des Ophthalmoskops beobachtete, mittheilen.

Schon 1878 hatte ich mich von der Möglichkeit bei Thieren die Gefässe des Augengrundes zu beobachten, überzeugt. Damals kamen zur Beobachtung vorzugsweise Kaninchen. Zur Beobachtung diente das grosse Ophthalmoskop von Liebreich, welches einmal eingestellt, ohne specielle Vorbereitung vom Beobachter zu fordern, die Gefässe des Augengrundes sichtbar macht, dabei bleibt die Lage des Instrumentes wie des Beobachters stets die gleiche und kann das Bild von mehreren Personen nacheinander gesehen werden, folglich werden etwaige subjective Fehler leichter vermieden.

Einen dieser Versuche will ich hier anführen. Bei einem weissen kräftigen Kaninchen wurde, nachdem es curarisirt und die künstliche Athmung im Gange war, der rechte Halssympathicus durchschnitten. Nach 40 Minuten gab der Augengrund bezüglich der Papillargefässe das in Fig. 7 A wiedergegebene Bild. Der Vergleich mit dem linken Auge ergiebt: dass die Gefässe im rechten Auge erweitert sind und die Zahl der sichtbaren Zweige grösser geworden ist. Als hierauf der vordere Sympathicusstumpf 20 Secunden lang elektrisch gereizt wurde, verengten sich die

[1] *Dies Archiv.* 1885. S. 1.

Papillengefässe bemerkbar, einige davon wurden sogar unsichtbar; das Bild ist in Fig. 7 B wiedergegeben. Nach gehörigen Ruhepausen kann dieser Versuch mit demselben Resultat mehrmals wiederholt werden.

Die Fig. 7 C giebt das Bild von den Gefässen des Augengrundes bei demselben Thiere nach dem Tode wieder.

Versuch am 7. December 1884. Hund von 4340 ^{grm}. 12 ^{h}. Durch die V. femoralis dextra 3 ^{ccm} Curarelösung einverleibt. Sobald keine willkürlichen Bewegungen mehr bemerkbar waren, wurden der Kopf und die Vorderfüsse des Versuchsthieres losgebunden und auf einem Kissen befestigt. Die Beobachtung der Retinalgefässe geschah mittels des grossen Ophthalmoskops von Liebreich, welches auf einem kleinen Tisch befestigt war. Um die Gefässe der Ohrmuschel deutlicher zu sehen, war das Haar dort kurz abgeschoren worden und die Ohrmuschel mittels einer durch ihre Spitze geführten Ligatur, in einer bestimmten Stellung fixirt. Hinter dem Ohr befand sich eine brennende Lampe. Die Beobachtungen wurden am rechten Auge und Ohr vorgenommen. In das rechte Auge kam deshalb ein Tropfen einer Lösung von Atropinum sulfuricum (1 : 1000). — 12 ^{h} 40′. Das Ophthalmoskop zeigt eine normale Gefässfüllung der Pupille.

12 ^{h} 50′. Der N. femor. dext. freigelegt. Auf die 15″ andauernde Reizung seines centralen Stumpfes (Spiralenabstand = 5 ^{cm}), erfolgt eine gleichzeitige Gefässcontraction der Papille und der Ohrmuschel. Ausser der Erblassung konnte man an der Papille wahrnehmen, wie die kleinen Arterien sich fast bis zum Verschwinden ihres Lumens zusammenzogen. Die schon vom Atropin etwas weite Pupille erweiterte sich fast ad maximum.

1 ^{h} 15′. Der rechte Vagus am Halse durchschnitten. Das Ophthalmoskop zeigt, dass die Gefässe der Papille weiter sind; ebenfalls weit sind die Ohrmuschelgefässe.

1 ^{h} 30′. Die 20″ lange Reizung des centralen Stumpfes vom N. femor. dext. (Spiralenabstand = 0) ohne Effect auf die Gefässe der Papille und des Ohres. Die Pupille wurde etwas weiter.

1 ^{h} 40′. Die 10″ lange Reizung des centralen Vagusstumpfes (Spiralenabstand = 0) hatte starke Gefässcontraction der Papille und des Ohres zur Folge, ebenfalls erweiterte sich die Pupille.

Die Reizung der centralen Stümpfe genannter Nerven wurde mehrere Male mit gleichem Resultat wiederholt.

Dieser Versuch lehrt, dass auf die Reizung des centralen Stumpfes eines sensiblen Nerven oder des Vagus, die Gefässe der Papille und der Ohrmuschel sich gleichzeitig contrahiren und die Pupille weiter wird. Ist ein Vagus durchschnitten, so sieht man an dieser Seite, auf die Reizung des centralen Stumpfes eines sensiblen Nerven, wohl Erweiterung der Pupille aber ohne Gefässcontraction in der Ohrmuschel und in der Papille eintreten.

Versuch am 8. December 1884. Hund von 13700 grm.

12 h. In die V. femor. dext. $5^1/_2$ ccm Curarelösung. Am rechten Auge die Operation nach der angegebenen Methode. Der Nervenzweig in der oberen Retractorabtheilung in eine Ligatur gefasst und hinter der Ligatur durchschnitten. Der Oculomotorius hinter dem Ganglion ciliare durchschnitten, worauf die Pupille bis 9 mm weit wurde. Der rechte Vagus durchschnitten. Die Pupille wurde enger, nur $5^1/_2$ mm. Drei den Opticus begleitende Nerven wurden hinter dem Ciliarganglion durchschnitten. Die 20″ lange Reizung des centralen Vagusstumpfes (Spiralenabstand = 0), gab keine Pupillenerweiterung.

1 h 25″. Das Ophthalmoskop zeigte, dass die Gefässe der Papille im rechten Auge erweitert waren. Ebenfalls erweitert sind die Gefässe der Ohrmuschel. Als hierauf der centrale Stumpf des Vagus dexter 20″ lang (Spiralenabstand = 0), gereizt wurde, erblasste die Papille und die kleineren Gefässe contrahirten sich fast bis zum Verschwinden, während die Pupille unverändert blieb.

1 h 40′. Die 15″ lange Reizung des peripheren Stumpfes des Nervenzweiges in der oberen Retractorabtheilung (Spiralenabstand = 0), hatte eine starke Lageveränderung der Pupille nach oben und aussen zur Folge, ohne dass die Gefässe der Papille sich verändert hatten.

1 h 50′. Die 15″ lange Reizung des centralen Stumpfes vom durchschnittenen N. femor. dexter (Spiralenabstand = 5 cm), gab keine Veränderung sowohl der rechten Pupille, wie der Gefässe der Papille, während die linke Pupille sich stark erweiterte.

Die Wiederholung der Reizung des centralen Vagusstumpfes, wie des peripheren Stumpfes vom Nervenzweig in der oberen Retractorabtheilung, gab dieselben Resultate wie vorhin. Obductionsbefund. In der oberen Retractorabtheilung ist der periphere Stumpf des Zweiges der langen Ciliarnerven in Ligatur gefasst. Am Opticus sind drei lange Ciliarnerven durchschnitten. Der N. oculomotorius ist hinter dem Ganglion ciliare durchtrennt.

Wir sehen also, dass nach der Durchschneidung der langen Ciliarnerven, die Reizung des centralen Vagusstumpfes von Contraction der Gefässe des Augengrundes und der Ohrmuschel ohne Pupillenerweiterung begleitet ist, während die Reizung des peripheren Stumpfes eines langen Ciliarnerven bedeutende Erweiterung der Pupille ohne Contraction der Gefässe der Papille giebt.

Versuch am 4. Januar 1885. Hündin von 13650 grm. Im Laufe von 2 Stunden 10 ccm Curarelösung in die V. femoralis dextra geführt. Das centrale Ende der rechten Carotis mit dem Kymographion verbunden.

Das Haar der rechten Ohrmuschel kurz abgeschoren. Beim Beginn des Versuches betrug der Blutdruck 114 mm Hg. Die Reizung des N. cruralis dexter (Spiralenabstand = 0) hatte eine Erhöhung des Blutdruckes auf 145 mm Hg zur Folge; zugleich contrahirten sich die Gefässe der Ohrmuschel. Auf die hierauf erfolgende Durchschneidung des rechten Vagus, erweiterten sich die Gefässe der Ohrmuschel bedeutend. Der Blutdruck betrug 99 mm Hg. Die Reizung des centralen Vagusstumpfes erhöhte den Blutdruck auf 186 mm, während die Ohrmuschel stark erblasste und ihre kleinen Gefässe fast bis zum Verschwinden sich zusammenzogen. Dieser Versuch beweist, dass gleichzeitig mit der Zunahme des Blutdruckes auf die Reizung des centralen Stumpfes vom Vagus oder eines sensiblen Nerven, die Gefässe der Ohrmuschel sich contrahiren.

Versuch am 26. Februar 1885. Iridektomie oben und etwas nach aussen am linken Auge eines Hundes. Nach der Verheilung blieb eine geringe Verklebung der Iris mit der Linse zurück. Das Ophthalmoskop zeigt regelrechte Gefässfüllung beider Augen. In das rechte Auge kamen 3 Tropfen $^1/_2$ procentige Lösung von Atropinum sulfuricum, in das linke 5 Tropfen $^1/_2$ procentige Lösung von Eserinum sulfuricum.

Nach 40′ war die rechte Pupille ad maximum erweitert, die linke unregelmässig verengt, so dass der Durchmesser in der Richtung des Ausschnittes der Iris $6^1/_2$ mm, in entgegengesetzter Richtung ca. 4 mm betrug. Mit dem Ophthalmoskop konnte man keinen Unterschied in der Gefässfüllung beider Papillen constatiren.

Hieraus ersieht man, dass die Erweiterungen und Verengerungen der Pupille von Veränderungen der Gefässlumina der Papille nicht begleitet werden.

Vergleichen wir die Resultate der angeführten Versuche, so ergiebt es sich, dass die Gefässcontraction der Retina und der Ohrmuschel gleichzeitig mit der Erhöhung des Blutdruckes in der Carotis auf die Reizung des centralen Stumpfes von einem sensiblen Nerven oder vom Vagus eintritt. Geben aber schon so entfernte Gefässgebiete gleichzeitige und gleichsinnige Veränderungen bei der Reizung genannter Nerven, wie die Retina und die Ohrmuschel, so wird es schwierig einzuräumen, dass die Gefässe der Iris und der Chorioidea hiervon eine Ausnahme machen, um so mehr, als sie aus einer und derselben Arterie (Art. maxillaris interna) ihre Gefässe beziehen. Somit ist es wohl erlaubt von der Lumenveränderung der Gefässe, der Netzhaut auf solche der Iris zu schliessen. Weiter fanden wir, dass die Erweiterung der Pupille und die Contraction der Gefässe der Papille unabhängig von einander vor sich gehen können. Nach der Durchschneidung des Halssympathicus, giebt die Reizung des centralen Stumpfes vom N.

cruralis noch Pupillenerweiterung (wenn auch eine geringere, als beim intacten Sympathicus), während die Gefässe der Retina und der Ohrmuschel unbeeinflusst bleiben. Ein entgegengesetztes Verhalten beobachtet man, wenn man alle langen Ciliarnerven durchschneidet und den peripheren Sympathicusstumpf reizt; wir sehen nämlich, dass die Pupille unbeweglich bleibt, während die Gefässe der Retina und der Ohrmuschel sich zusammenziehen und zwar in dem Grade, dass kleinere Arterien fast verschwinden. Die Pupille erweitert und verengt sich unter dem Einfluss von Atropin und Eserin unabhängig von einer Lumenveränderung der Gefässe, wie der letztere Versuch lehrt, in welchem man mittels des Ophthalmoskops keine Veränderung der Gefässe der Retina beider Augen, sowohl nach der Application von Atropin, als nach der von Eserin feststellen konnte.

Die Unabhängigkeit der Pupillenerweiterung von einer Lumenveränderung der Gefässe im Auge, kann ebenfalls als Beweis für die Existenz eines M. dilatator pupillae gelten.

Schliesslich muss ich hier meinen wärmsten Dank Hrn. Prof. Joh. Dogiel sowohl für das vorgeschlagene Thema, wie für die Leitung der Untersuchung in seinem Laboratorium, aussprechen. Dem Laboranten bei dem pharmakologischen Laboratorium, Hrn. W. Nikolski, habe ich ebenfalls für die stets bereitwillige Hülfe bei den Versuchen zu danken.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Die rechte Fläche eines Hundekopfes. Die Zeichnung etwas vergrössert. *G. G.* Ganglion Gasseri; *R. p.* Ramus primus nervi trigemini; *R. s.* Ramus secundus nervi trigemini; *R. t.* Ramus tertius nervi trigemini; *A. c. i.* Arteria ciliaris interna *R. c.* Verbindungszweig zwischen der Art. carotis interna und der Art. ciliaris longa; *A. o.* Art. ophthalmica; *R. c. p.* Verbindungsast zwischen der Art. carotis interna und der Art. ophthalmica; *A. e. c.* Centraler Stumpf der Art. ethmoidalis; *A. e. p.* peripherer Stumpf der Art. ethmoidalis; *A. c. l.* Art. ciliaris longa; *A. l.* Art. lacrymalis; *N. oc.* Nervus oculomotorius; *N. o.* Nervus opticus; *N. f. c.* Centraler Stumpf von N. frontalis; *N. f. p.* peripherer Stumpf von N. frontalis; *N. n. c.* Nervus naso-ciliaris; *N. c. lg.* Nervenzweig, der die obere Abtheilung des in die Zeichnung nicht aufgenommenen M. retractor bulbi verläuft; *N. c. b.* Ein Zweig der kurzen Ciliarnerven, welcher um die äussere Abtheilung des Retractor sich schlägt; *Nn. c. lg.* Nervi ciliares longi, welche den Sehnerven begleiten; *N. c. br.* Zweige der kurzen Ciliarnerven, welche sich von innen um die untere Abtheilung des Retractor schlagen; *M. r. s.* Der hintere Theil des M. rectus superior.

Fig. 2. Ein Theil der **Fig. 1.** Der Bulbus stark nach aussen gedreht und die Art. ciliaris ebenfalls stark nach aussen gezogen. Etwas vergrössert. *A. c. i.* Arteria

carotis interna; *R. a.* Vorderer Ast der Carotis interna; *A. c. l.* Art. ciliaris longa *R. i.* Innerer Ast der Art. ciliaris longa, welcher an der inneren Seite des Sehnerven in den Bulbus tritt; *R. ex.* Aeusserer Ast der Art. ciliaris longa, welcher sich unten um den Sehnerven schlägt und an der äusseren Seite desselben in den Bulbus tritt; *A.* Arterienzweig in der Nähe des Ciliarganglions; *R. c.* Verbindungsast zwischen der Art. carotis interna und Art. ciliaris longa; *N. o.* Nervus opticus; *N. oc.* N. oculomotorius; *G. c.* Ganglion ciliare; *Nn. c. b.* Nervi ciliares breves; *N. c. lg.* Nervus ciliaris longus; *N. s.* Nervus sympathicus zur Art. gehend; *R. s.* Radix sympathica ganglii ciliaris.

Fig. 3. Linkes Auge vom Hunde. Die Abbildung vergrössert; die Gebilde auseinandergezerrt. *N. o.* Nervus opticus; *N. oc.* Nervus oculomotorius; *R. n. c.* Ramus naso-ciliaris nervi trigemini; *G. c.* Ganglion ciliare; *Nn. c. lg.* 1, 2, 3, 4 Nervi ciliares longi; *Nn. c. b.* Nervi ciliares breves. *A.* Vereinigung der langen und kurzen Ciliarnerven.

Fig. 4. Rechtes Auge von der Katze. Die Abbildung vergrössert. *G. g.* Ganglion Gasseri; *R. W.* Ramus ophthalmicus; *R. s.* Ramus secundus trigemini; *A.* kleine Arterie zum Ganglion Gasseri; *R. t.* Ramus tertius nervi trigemini. *N. a.* Nervus abducens; *N. oc.* Nervus oculomotorius durchschnitten und der centrale Stumpf entfernt; *R. f.* N. frontalis rami ophthalmici; *R. n. c.* N. naso-ciliaris; *Nn. c. lg.* Nervi ciliares longi; *Ast.* Verbindungszweige unter den langen Ciliarnerven; *G. c.* Ganglion ciliare; *Rr. c. b.* Nervi ciliares breves; *N. o.* Nervus opticus; *M. r. e.* M. rectus externus; *M. r. s.* M. rectus superior; *M. r. it.* M. rectus internus.

Fig. 5. Die Abgangsstelle der langen Ciliarnerven vom M. naso-ciliaris. Vergröss. Syst. 4, Ocul. 3 Hartnack. *R. n. c.* Nervus naso-ciliaris; *E. p.* das periphere Ende vom N. naso-ciliaris; *E. g.* das centrale Ende vom N. naso-ciliaris; *Nn. c. lg.* Nervi ciliares longi; *A.* Fasern des N. naso-ciliaris, mit einer Nadel auseinander gezerrt.

Fig. 6. Die Form der Pupille beim Hunde. Natürliche Grösse. I *d.* Rechtes Auge. Die Lageveränderung der Pupille nach der Durchschneidung langer Ciliarnerven bei der Reizung des centralen Sympathicusstumpfes. II *d.* Rechtes Auges. Die Lageveränderung der Pupille unter denselben Umständen. III *s.* Links. Wie sub. I und II. Rechts. Die Lageveränderung der Pupille auf Reiznng des peripheren Stumpfes vom langen Ciliarnerven, welcher durch die obere Retractorabtheilung zum Bulbus verläuft.

Fig. 7. *A.* Die Gefässe der Pupille nach der Durchschneidung des Sympathicus an derselben Körperhälfte. *B.* Die Gefässe der Papille während der Reizung des vorderen Sympathicusstumpfes. *C.* Die Gefässe der Papille desselben Thieres nach dem Tode.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1885—86.

I. Sitzung am 30. October 1885.[1]

1. Im Anschluss an einen Vortrag des Hrn. N. Zuntz: Ueber die Apnoe des Foetus und die Ursachen des ersten Athemzuges (nach Untersuchungen, die er gemeinschaftlich mit Hrn. Dr. Cohnstein ausgeführt hat) machte Hr. Arthur Christiani die folgende Mittheilung: „Ueber die Erregbarkeit des Athmungscentrums.“

Das interessante Ergebniss der Beobachtungen der HH. Zuntz und Cohnstein, „die geringere Erregbarkeit des Athmungscentrums beim Foetus“, scheint mir noch mit einigen anderen Erfahrungen in Beziehung zu stehen, worüber ich hier einige kurze Bemerkungen mittheilen möchte.

Während man sich seit Flourens mehr oder minder deutlich ausgesprochen für die Ansicht entschied, dass für die Athmung ein circumscriptes Centrum vorhanden sei, in welchem die Anregungen zur Athmung gesammelt, bezüglich erzeugt werden, kann man sich nach den neueren Erfahrungen der Vorstellung nicht gut verschliessen, dass athmungsanregende, inspiratorische Ganglienzellen nicht etwa nur in der Gegend des Noeud vital, sondern vielmehr auch, durch weitere Abstände von einander getrennt, discret und mehr diffus, zum Theil aber auch in grösseren Anhäufungen im Gehirne und durch das Rückenmark hin zerstreut sich vorfinden. Alle diese inspiratorischen Ganglienzellen bilden, wenn auch räumlich getrennt, so doch miteinander functionell verbunden eine Association, welcher in ihrer Gesammtheit gleichfalls der Name des Athmungscentrums zu ertheilen ist,[2] wenn man eben mit dem Begriffe eines Centrums nicht eine circumscripte Beschränkung auf eine anatomisch bestimmte, positive Laesionen[3] gestattende Stelle („Centrum positiver Laesion“), sondern die Auffassung des centralen Gesammtsitzes einer Function verbindet, welcher cen-

---

[1] Ausgegeben am 20. November 1885.

[2] Vgl. hierzu Langendorff in *diesem Archiv* 1880, S. 540 ff.

[3] S. hierüber Arthur Christiani, „*Zur Physiologie des Gehirns*“. Berlin 1885. S. 63.

trale Gesammtsitz nicht unbedingt ein räumlich zusammenhängendes Continuum darzustellen braucht.

Die Gesammterregbarkeit, beurtheilt nach dem Effecte einer Erregung eines solchen durch Association zerstreuter Ganglienzellen und zerstreuter Ganglienhäufchen entstehenden „organischen Systemes“ oder „Centrums der Function“, wird offenbar abhängen sowohl von der Erregbarkeit der einzelnen wirkenden Ganglienzellen, als auch von der Gesammtanzahl derselben. So wird in unserem Falle die Gesammterregbarkeit des Athmungscentrums, beurtheilt nach dem auf Reizung eintretenden inspiratorischen Effecte, in directem Verhältnisse stehen sowohl mit der Erregbarkeit der einzelnen inspiratorischen Ganglienzellen, als auch mit der Gesammtanzahl der die Athmung anregenden elementaren Gebilde. Es wird diese Gesammterregbarkeit also vermindert erscheinen, wenn ein grösserer Theil der inspiratorischen Ganglienzellen durch Abtragung grösserer nervöser Complexe mechanisch entfernt oder toxisch oder physiologisch ausser Spiel gebracht oder endlich physiologisch zur Zeit noch nicht in Erregung gesetzt wird.

Nun liegen wichtige Anhäufungen inspiratorischer Ganglienzellen auch oberhalb der Medulla oblongata, im Gehirne, dessen Entwickelung beim Foetus als functionell noch unvollendet anzusehen ist.

Weiter lässt sich vermuthen, wenngleich aus anatomischer Nachbarschaft nicht unbedingt auf gleichzeitige functionelle Entwickelung geschlossen werden darf, dass die inspiratorischen Ganglienzellen im Hirnstocke bei den Foeten derjenigen Thiere functionell noch nicht geweckt sind, welche erst später nach der Geburt die Fähigkeit der Coordination und des Gleichgewichtes für Sitz, Stand und Locomotion erlangen, da die Stelle, an deren Erhaltung diese Fähigkeit gebunden ist, dicht an jenem inspiratorischen Gangliencomplexe liegt.[1] Aber auch bei den Thieren, die unmittelbar nach der Geburt stehen und gehen können, wird man jene inspiratorischen Ganglienzellen als während des Foetalzustandes inactive ansprechen, da gerade sie es sind, welche der willkürlichen Athmung vorzustehen, bezüglich dieselbe zu vermitteln scheinen.

In Folge solcher Ueberlegungen vermuthete ich schon längst a priori bei den Foeten eine geringere Gesammterregbarkeit des Athmungscentrums, wie sie jetzt von den HHrn. Zuntz und Cohnstein ebenfalls und auf Grund ganz anderer Beobachtungen und Ueberlegungen erschlossen ist.

Aber auch in einer anderen bemerkenswerthen Weise noch erschien meine Hypothese mir schon längst gestützt, nämlich durch das eigenthümliche Verhalten des Strychnins zu dem Athmungs- und zu dem Hauptreflex- und Coordinationscentrum. Dass das Strychnin in directer und anregender Beziehung zu den inspiratorischen Ganglienzellen steht, geht namentlich aus den Versuchen von Rokitansky, von Langendorff und aus meinen eigenen Beobachtungen hervor. Andererseits hatte ich gefunden, dass nach Entfernung der inspiratorischen Gangliencomplexe im Gehirne die (quasi geköpften) Thiere sich relativ immun verhalten gegen Strychnin,[2] und ausserdem auch steht erfahrungsgemäss fest die relative Immunität gegen Strychnin für neugeborene Thiere[3] und besonders auch für solche höheren Thiere (namentlich Vögel), bei denen

---

[1] A. a. O. S. 20 f.

[2] A. a. O. S. 18.

[3] S. Paul Bert, *Leçons sur la physiologie comparée de la respiration.* Paris 1870. p. 421 et suiv.

Coordinations- und Gleichgewichtsfähigkeit von den in Rede stehenden Theilen des Gehirnes unabhängiger oder ganz unabhängig erscheinen. Dass übrigens mit dem functionellen Erwachen des inspiratorischen Gangliencomplexes im dritten Ventrikel nach der Geburt die Gefahr eines Tetanus für die Neugeborenen droht, und wie man dieser Gefahr erfolgreich begegnen werde, geht aus meinen früheren Mittheilungen[1] ebenso einleuchtend hervor, als es uns durch die ärztliche Erfahrung wirklich gelehrt wird.

2. Hr. TH. WEYL hält den angekündigten Vortrag „Ueber die Beziehungen des Cholestearins zu den Terpenen und Campherarten."

Bei der Behandlung des Cholestearins mit Wasser entziehenden Agentien entstehen die von Zwenger[2] entdeckten Kohlenwasserstoffe, welche der genannte Autor als Cholesterone und Cholesteriline bezeichnete.

Ich habe diese Körper von Neuem untersucht und gefunden, dass dieselben ihrer Zusammensetzung nach der Formel $(C^5H^8)^n$ entsprechen und auch sonst die allgemeinen Eigenschaften der Terpene zeigen.

Es sind krystallinische Körper; alle — soweit sich Lösungen von genügender Concentration herstellen liessen — sind optisch wirksam.

Diese Cholestero-Terpene und einige ihrer Derivate sollen näher beschrieben werden, sobald mir genügendes Material zu Gebote steht.

Es wurde dann ferner versucht, das Moleculargewicht durch Dampfdichtebestimmungen zu ermitteln. Da es sich um Stoffe handelt, welche jenseits der Quecksilbergrenze sieden, wurden die Versuche nach dem Luftverdrängungsverfahren von Victor Meyer und zwar im Bleibade ausgeführt. Das Rohr war mit Wasserstoff gefüllt. Die Temperatur desselben war stets höher als der Siedepunkt des Antrachinons, welcher nach Victor Meyer bei 368^0 liegt.

Nähere Temperaturangaben kann ich vorläufig nicht machen, da mir kein passendes Pyrometer zu Gebote steht. Ich heizte den Apparat mit einem Zehn-Brenner.

Bei allen Dampfdichtebestimmungen wurde — um das Resultat gleich vorweg zu nehmen — ein Werth erhalten, welcher auf eine Dissociation des Molecüls schliessen lässt. Und zwar entspricht der Werth, wie die nachfolgenden Analysen zeigen, nahezu einem Fünftel des Cholestearinmolecüls $\left(\frac{M}{5}\right)$, wenn nämlich die Cholestearinformel $C^{25}H^{42}O = (C^5H^8)^5H^2O$ lautet.

Jedenfalls lassen die erhobenen Werthe auf die Existenz eines Atomcomplexes schliessen, welcher entweder C^5H^8 ist oder diesem sehr nahe kommt.

α-Cholesteron:

I. $S=0 \cdot 0090$ $v=2 \cdot 9$ $t=21^0$ $B=759$ $D=2 \cdot 66$

II. $S=0 \cdot 0560$ $v=19 \cdot 4$ $t=26^0$ $B=759$ $D=2 \cdot 54$.

β-Cholesteron:

I. $S=0 \cdot 0408$ $v=13 \cdot 05$ $t=22^0$ $B=760$ $D=2.69$

II. $S=0 \cdot 0378$ $v=12 \cdot 3$ $t=23^0$ $B=757$ $D=2 \cdot 67$.

a-Cholesterilen:

I. $S=0 \cdot 0139$ $v=4 \cdot 9$ $t=24^0$ $B=757$ $D=2 \cdot 48$

II. $S=0 \cdot 0210$ $v=7 \cdot 6$ $t=25^0$ $B=759$ $D=2 \cdot 42$.

---

[1] A. a. O. S. 5 ff.

[2] *Annalen* u. s. w. Bd. LXVI, S. 5 (1848) und Bd. LXIX, S. 347 (1849).

Das α-Cholesterilen sublimirt leicht, ohne sich in Dampf zu verwandeln. Sobald ich Material habe, werden die Bestimmungen wiederholt werden.

	Dichte gef.			Dichte ber. für C^5H^8
	I.	II.	Mittel	
α-Cholesteron . .	2·66	2·54	2·60	
β-Cholesteron . .	2·69	2·67	2·68	2·35
α-Cholesterilen . .	2·48	2·42	2·45	

Dass anormale Dampfdichten nicht so genau wie normale mit der Rechnung übereinstimmen, ist eine mehrfach gemachte Erfahrung. Es ist eben sehr schwierig, Verhältnisse herzustellen, unter welchen das gesammte Dampfvolumen sich in einheitlichem Dissociationszustande befindet.

Es wurde dann ferner zum Vergleiche die Dampfdichte eines Cholestearinderivates, das mir in reinem Zustande zur Verfügung stand, unter denselben Verhältnissen (Bleibad, Rohr mit Wasserstoff gefüllt) bestimmt. Sogenanntes Cholesterylchlorid, wahrscheinlich das Chlorhydrat des Cholesterylens gab folgende Werthe:

I. $S=0·0674$ $v=21·4$ $t=25^0$ $B=760$ $D=2·76$
II. $S=0·0676$ $v=22·6$ $t=24^0$ $B=759$ $D=2·61$
III. $S=0·0459$ $v=14·4$ $t=23^0$ $B=765·5$ $D=2·74$
IV. $S=0·0415$ $v=13·2$ $t=26^0$ $B=766$ $D=2·74$.

D gef.					D ber. für			
I.	II.	III.	IV.	Mittel	$C^{26}H^{42}HCl$	$\frac{C^{26}H^{42}HCl}{5}$	$C^{25}H^{40}HCl$	$\frac{C^{25}H^{40}HCl}{5}$
2·76	2·61	2·74	2·74	2·71	13·52	2·70	13·04	2·61

Das Cholesterylenchlorhydrat zersetzt sich bei höherer Temperatur unter Abspaltung von Salzsäure.

Als ferneren Beweis für die Zugehörigkeit der besprochenen Körper zur Terpenreihe führe ich weiter Dampfdichtebestimmungen des Terpen κατ᾽ ἐξοχήν des Terpentinöls an. Für meine Versuche diente die zwischen 154—158° übergehende Fraction des käuflichen Terpentinöls (Kahlbaum). Dieselbe wurde entwässert.

I. $S=0.0446$ $v=14.05$ $t=24^0$ $B=757$ $D=2.77$
II. $S=0·0494$ $v=16·1$ $t=25^0$ $B=761$ $D=2·68$.

	I.	II.	Mittel	berechnet für $(C^5H^8)^2$	C^5H^8
Dichte . .	2·77	2·68	2.73	4·7	2·35

Von hydroxylirten Terpenderivaten habe ich bisher nur die Dampfdichte des Camphers $C^{10}H^{15}OH$ im Bleibade unter gleichen Verhältnissen wie die der

übrigen Körper zu bestimmen versucht, aber mit den mir für jetzt zu Gebote stehenden Temperaturen nur die normale Dampfdichte erhalten.

I. $S=0 \cdot 0261$ $v=4 \cdot 0$ $t=15^0$ $B=760$
II. $S=0 \cdot 0510$ $v=7 \cdot 8$ $t=15^0$ $B=760$.

	gef. I.	gef. II.	ber. für $C^{10}H^{16}O$
Dichte . . .	5·47	5·439	5.2.

Das Praeparat war aus käuflichem Campher (C. A. F. Kahlbaum) durch Sublimation und einmaliges Umkrystallisiren aus Alkohol gereinigt worden. Um während der Dichtebestimmung ein zu schnelles Verdampfen des Camphers zu verhindern, wurde das Eimerchen, welches die abgezogene Substanz enthielt, durch ein aus Asbest gedrehtes Pfröpfchen fest verschlossen.

Für die chemische Verwandtschaft des Cholestearins und seiner Derivate mit den Terpenen und Camphern dürften endlich eine Anzahl von Farbenreactionen sprechen, die den genannten Stoffen gemeinsam sind.

Wenn man das Cholestearin der menschlichen Gallensteine mit einigen Tropfen Eisenchlorid + starker Salzsäure auf dem Porzellandeckel über freier Flamme abdampft, zeigt der Rückstand erst röthliche, dann violette, zuletzt bläuliche Färbung. (H. Schiff.)

Dieselbe Reaction zeigen nun auch, wie ich gefunden habe, einerseits die Cholesteroterpene (α-Cholesteron, β-Cholesteron, α-Cholesterilen), andererseits Terpentinöl (Sdp. 154—156°) und Campher (das oben zur Dampfdichtebestimmung benutzte Praeparat) und reinste Cholalsäure.[1]

Die Farbennuancen sind die gleichen für alle genannten Stoffe. Beim Campher tritt die Blaufärbung bisweilen erst nach mehrmaligem Betupfen mit starker Salzsäure und mehrmaligem Abdampfen ein.

Dieses Verhalten erinnert durchaus an die von Riban[2] gefundene Farbenreaction des Terpendihydrochlorids mit starker Eisenchloridlösung.

Um Prioritätsstreitigkeiten vorzubeugen, gestatte ich mir schliesslich zu erwähnen, dass ein Zusammenhang zwischen Cholestearin, Cholalsäure und Terpenen bereits von Latschinoff und Walitzky angenommen wurde, obgleich die Gründe, welche ersteren Forscher zu diesen Speculationen leiteten, wie er selbst zugesteht,[3] nicht besonders „stark" waren.

Ich will nach der inzwischen von La Coste beschriebenen Methode die normalen Dichten der angeführten Stoffe im Vacuum zu bestimmen versuchen.

II. Sitzung am 13. November 1885.

Im Anschluss an einen Vortrag des Hrn. H. Munk: „Zur Kenntniss der Corpora striata" macht Hr. Curt Lehmann die folgende vorläufige Mittheilung.

---

[1] H. Schiff, *Annalen* Bd. CXV, konnte die Reaction mit Cholalsäure nicht erhalten.

[2] Vergl. Beilstein, *Handbuch* II, 1773 (1. Aufl.).

[3] *Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft.* Bd. XII, S. 1526 (1879) und Bd. IX, S. 1310 (1876). (Ref.)

Studie über die Function des Corpus striatum von Dr. Adolf Baginsky und Dr. Curt Lehmann. (Aus dem physiologischen Laboratorium der landwirthschaftlichen Hochschule.)

Da das Corpus striatum nicht zugängig ist ohne Laesion der dasselbe deckenden Hirntheile, so kommt es darauf an, die bei Operationen an demselben unvermeidlichen Nebenreizungen auf ein möglichstes Minimum zu reduciren.

Wir arbeiteten nach drei Methoden:

1. Mittels Einstechen von Nadeln.
2. Mittels Ausstanzen mit scharfen Metallhülsen.
3. Mittels der von einem von uns (Dr. Lehmann) angegebenen Methode, das Gehirn durch in feine scharfe Spitze ausgezogene Glasröhren, welche mit einem Vacuum in Verbindung gesetzt waren, abzusaugen. Diese Methode gestattet die genaueste Localisirung des Angriffes und ergiebt die gleichmässigsten Resultate.

Die Versuche wurden zumeist an Kaninchen gemacht, nur zu einzelnen Versuchen wurden junge Katzen verwendet.

Wenn man nach der zuletzt angegebenen Methode bei Kaninchen unterhalb der Sutura coronaria in einem Durchmesser von 8 ^{mm} die Hirnmasse bis zur Eröffnung des Ventrikels entfernt und dann das Corpus striatum, soweit es jetzt als eine in den Ventrikel hineinragende Wulst vorliegt, entfernt, so beobachtet man folgende Erscheinungen.

Die contralateralen Extremitäten des operirten Thieres gleiten beim ruhigen Sitzen nach vorwärts und seitwärts aus.

Die Extremitäten und zwar die vorderen in höherem Maasse lassen sich leicht in anomale Stellungen bringen, und verharren in diesen bis ein stärkerer Reiz applicirt wird.

Bei Bewegung dieser Extremitäten fühlt die Hand einen geringeren Widerstand der Musculatur, als bei den entsprechenden der unversehrt gebliebenen Körperhälfte.

Beim Laufen und sonstigen willkürlichen Bewegungen bemerkt man keinen motorischen Defect.

Die Temperatur des Körpers bleibt meistens eine normale; eine eventuelle Steigerung ist ausnahmsweise und gering.

Das Thier zeigt auffallende Reizbarkeit, Schreckhaftigkeit bei verschiedenen Sinneseindrücken, energische Fluchtversuche mit geschicktem Umwenden nach jeder Seite.

Bei alleiniger Fortnahme der über dem Corpus striatum liegenden Hirntheile, wobei nur der Ventrikel geöffnet und das Corpus striatum freigelegt wurde, erhält man qualitativ dieselben Erscheinungen, quantitativ sind dieselben wesentlich geringer mit alleiniger Ausnahme der event. Temperaturerhöhung, die in diesem Falle öfters eintritt, wenngleich ebenfalls nicht constant.

Bei Fortnahme der unter dem Trepanloch liegenden grauen Substanz der Hirnrinde unter möglichster Schonung der weissen Substanz sind die gleichen Erscheinungen zu beobachten, jetzt aber in bedeutend geringerem Grade, so dass besonders die oben erwähnten Phaenomene, wie Schreckhaftigkeit, Fluchtversuche etc. nur andeutungsweise vorhanden sind; am ehesten sieht man die zuerst erwähnten Störungen der Muskelaction der Extremitäten.

Einstechen von Nadeln ergiebt ausser der Temperaturerhöhung keine primären Erscheinungen.

Ausstanzen mit Metallhülsen erzeugt so ausgebreitete Reizerscheinungen (in Folge angesammelter Detritus- und Blutmassen), dass der Antheil der getroffenen resp. ausgeschalteten Gehirntheile an den Erscheinungen unberechenbar ist.

Das Ausbleiben der Temperatursteigerung nach der ersten (Absauge-) Operationsmethode beweist, dass diese Methode die geringsten Reizerscheinungen setzt, da die Temperatursteigerung unzweifelhaft als Reizeffect aufzufassen ist.

Wir schliessen aus diesen Versuchen, dass die Corpora striata für die von uns untersuchten Functionen qualitativ keine andere Bedeutung haben, als die darüber liegenden Hirntheile. Dieser Schluss ist zwingend, da die nach Fortnahme der Corpora striata beobachteten Phaenomene, wie Schreckhaftigkeit, Ausgleiten der Vorderpfoten etc., wenn die Thiere wochenlang beobachtet wurden, sich allmählich zurückbildeten und dieses mehr oder weniger vollständige Verschwinden eben nur langsamer erfolgte, als bei alleiniger Fortnahme der über ihnen liegenden Hirntheile.

III. Sitzung am 27. November 1885.[1]

Hr. Benda sprach „über die Spermatogenese der Säugethiere."

Vortragender wandte zur Färbung seiner Praeparate eine Modification der von Weigert kürzlich für das Centralnervensystem angegebenen Haematoxylinfärbung an. In Flemming'scher Lösung conservirte, in üblicher Weise dnrchtränkte und geschnittene Praeparate wurden auf Deckgläser aufgeklebt 24 Stunden im Brütofen in einer starken Lösuug von essigsaurem Kupferoxyd gelassen. Nach sorgfältiger Waschung in mehrfach zu erneuerndem Wasser kommen sie in 1%ige, wässerige Haematoxylinlösung, bis intensive Schwarzfärbung der Schnitte eingetreten ist, was etwa in 5 Minuten geschieht. Das wichtigste ist die jetzt vorzunehmende Auswaschung in Salzsäure (1:300). Bald nach der Einwirkung der Säure tritt eine Gelbfärbung der Praeparate ein. Man hat es nun in der Hand, durch beliebige Unterbrechung der Säureeinwirkung je nach Bedarf reine Kernfärbungen oder Kernfärbung und fein nüancirte Mitfärbungen des Zellleibes, der Grundsubstanz u. s. w. zu erzielen. So lange die Praeparate noch deutliches Gelb in der Säure zeigen, ist auch noch Kernfärbung vorhanden, schliesslich wird allerdings auch diese ausgewaschen. Das Unterbrechen der Säurewirkung geschieht am schnellsten durch Zurückbringen der Praeparate in die Kupferlösung, wo sie wieder einen violetgrauen Ton annehmen. Die Methode empfiehlt sich besonders durch die intensive Färbung der Kernmitosen.

Vortr. tritt für die Existenz der Ebner'schen Spermatoblasten bei allen bisher untersuchten Säugethieren (Ratte, Hund, Stier, Meerschweinchen, Kaninchen, Kater) ein, soweit es sich dabei um das typische Vorkommen eines Stadiums

---

[1] Ausgegeben am 18. December 1885.

handelt, in dem die spermatozoënerzeugenden Elemente in Lappenform mit einer der Wand des Samencanälchens anliegenden Zelle in Verbindung stehen. Diese Fusszelle zeigt einen grossen ruhenden Kern. Für die Genese dieses Stadiums schliesst sich Vortr. den Beobachtungen La Valette St. George's und Merkel's an, dass es nämlich aus einem Stadium hervorgeht, in dem randkernige Elemente mit einer Fusszelle in Verbindung stehen. Diesem geht eine Phase vorher, in der durch Zelltheilungen gebildete Rundzellen sich an die Ausläufer der Fusszelle anlegen (Merkel, Sertoli). Ueber den Charakter der Fusszelle differirt Vortr. mit den letztgenannten Autoren. Dieselben sehen in ihr eine fixe Stützzelle. Nach des Vortr. Beobachtungen, die sich in Uebereinstimmung mit Biondi und Grünhagen befinden, liegt zwischen der Phase, in der nach vollständiger Ausbildung der Spermatozoen die Elemente von den Fusszellen abgerissen werden, und dem Stadium, in dem sich neue Elemente an Fusszellen anlegen, eine Periode, die sich durch die reine Ausbildung der von den Wandzellen ausgehenden Generationssäulen charakterisirt. In dieser Phase können die ausläufertragenden Zellen bei den meisten untersuchten Thieren ganz, bei anderen bis auf unbedeutende Reste geschwunden sein, und die Zellen der Wandzone unterscheiden sich nur durch den Zustand ihrer Kerne, der bei einem Theil im Ruhestadium, bei anderen in Knäuelform befindlich ist. Hieraus folgt mit Nothwendigkeit, dass die Ausläufer erst bei Beginn jeder spermatogenetischen Periode entstehen müssen, und zwar sprechen die Befunde dafür, dass dieselben von gewissen Wandzellen, die sich durch das frühere Zurruhekommen ihrer Kerne vor ihren Nachbarelementen auszeichnen, zu den Tochterzellen in Form äusserst feiner Fädchen ausstrahlen.

Vortr. macht Merkel das Zugeständniss, dass er nicht entscheiden will, ob dieselben Fusszellen nicht hin und wieder in mehreren spermatogenetischen Perioden functioniren können. Er sieht aber jedenfalls im Gegensatzt zu Merkel das Wesen des Vorganges in der activen Betheiligung der Fusszelle, die hierbei vielleicht den Charakter eines ernährenden Organs für die samenbildenden Elemente, wenn diese durch die Umwandlung ihres Kerns ihre Zellindividualität verlieren, annimmt. Ein actives Leben der Fusszelle spricht sich im weiteren Verlaufe jedenfalls noch in der Retraction der Fortsätze auf. Ohne die Annahme eines solchen Zuges hält der Vortragende das bei der Kernmetarmophose von vielen Autoren beobachtete aber nicht erklärte Vordringen der spitzen Pole der Samenzellen gegen die Kanälchenwand, das also nach der Seite des grössten Widerstandes zu erfolgt, für ein mechanisches Unding. Ferner erklärte eine solche Retraction auch eine namentlich bei der Ratte offenbar erfolgende Verlagerung der Samenelemente nach Regionen der Canälchenwand hin, in denen man ihr Entstehen nie beobachtet.

Für den weiteren Ablauf des Processes stimmt Vortr. im Wesentlichen mit den Voruntersuchern übein. Während und nach der letzten Ausbildung der Spermatozoen in den zu Lappen der Fusszelle umgewandelten Samenzellen tritt in den bei der Umwandlung unbetheiligt gebliebenen Elementen der ersten und zweiten Zone, die während jener Vorgänge meistens die Knäuelform der Kerne beibehalten, eine mit Karyokinese verlaufende Vermehrung ein, dis unter Auspressung des Spermatoblasten schliesslich zur Ausbildung der Biondi'chen Generationssäulen führt.

IV. Sitzung am 11. December 1885.[1]

Hr. GAD demonstrirte das Klappenspiel im Ochsenherzen nach seiner Methode mittels intraventriculärer elektrischer Beleuchtung.

Hr. GOLDSCHEIDER hielt den angekündigten Vortrag:

Demonstration von Praeparaten, betreffend die Endigung der Temperatur- und Drucknerven in der menschlichen Haut.

Die Kenntniss der Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut des Menschen bietet zwei allgemeine Lücken. Einmal sind zwar eine erhebliche Menge von Endigungen beschrieben, aber nur wenige sichergestellt. Weiter entbehren selbst die nachgewiesenen Endigungen einer sicheren physiologischen Deutung. Der Nachweis der auf der empfindenden Hautoberfläche räumlich getrennten Sinnespunkte für den Druck-, Kälte- und Wärmesinn ist geeignet, diese letztere Lücke auszufüllen, insofern der physiologischen Deutung der histologischen Befunde durch jene Thatsachen eine neue fruchtbare Aussicht eröffnet wird. Die Berücksichtigung der discontinuirlichen Sinnespunkte ist für die Histologie geradezu ein Postulat. Um dieses zu realisiren, griff ich, da eine andere Methode mir nicht erfindlich war, dazu, mir selbst kleinste Hautstücke, welche je nur einen Sinnespunkt enthielten, zu exstirpiren. Nach Aufsuchung und Bezeichnung eines Kälte-, Wärme- oder Druckpunktes am linken Unterarm wurde eine krumme Nadel dicht neben dem Punkt eingestochen, unter demselben durchgeführt und auf der anderen Seite desselben ausgestochen; während die Nadel sodann, und mit ihr der gerade auf ihr liegende Sinnespunkt etwas angehoben wurde, führte ich einen Schnitt unmittelbar an dem unteren convexen Rand der Nadel durch die Haut. Auf diese Weise erhielt ich Hautkegel, deren Basis die Oberhaut bildete, von einer ausserordentlichen Kleinheit; die Narben sind kaum zu sehen; Schmerz war bei den Temperaturpunkten minimal oder gar nicht vorhanden; bei den Druckpunkten war er erheblicher. Die Stückchen wurden in 0·5 procentiger Arsensäure angesäuert, kamen sodann in 1 bis 2 procentige Goldchlorid-Lösung, um in 1 procentiger Arsensäure reducirt zu werden (Mays'sches Verfahren, auf der histologischen Abtheilung des physiologischen Instituts durch den Assistenten Hrn. Dr. Benda modificirt und durch Hrn. Prof. Fritsch mir gütigst empfohlen). Sodann wurden die Stückchen in Serien-Schnitte zerlegt. Bei der Mehrzahl der Stückchen wurde vor der Exstirpation genau an dem Sinnespunkt eine feine Nadel senkrecht in die Epidermis eingestochen; dies machte sich an den Schnitten in Gestalt eines die Zellenlagen der Oberhaut durchsetzenden Canals kenntlich. Nach diesem Verfahren war die Schlussfolgerung berechtigt, dass diejenigen Nervenenden, welche sich in mikroskopischem Bilde in unmittelbarer Nähe des künstlichen Oberhautcanals finden würden, der betreffenden Sinnes-Qualität zuzurechnen seien. Die Praeparate haben Folgendes ergeben:

1. Ohne Ausnahme findet sich an jedem Sinnespunkt eine auffallende Nerven-Anhäufung, der Art, dass nicht bloss eine relativ grössere Dichtigkeit derselben besteht, sondern dass aus der Tiefe der Cutis ein Bündel von Nerven

[1] Mitausgegeben am 18. December 1885,

fasern schräg aufsteigt und direct dem Punkt zustrebt, wo dann eine Ramification derselben Platz greift. Es zeigt somit die Innervation der Haut einen discontinuirlichen Charakter, genau entsprechend dem physiologischen Feststellungen über die discontinuirlich angeordneten Sinnespunkte.

2. Die Endausbreitung der Nerven verhält sich bei den Druckpunkten einerseits und den Temperaturpunkten andererseits verschieden. Druckpunkt: Einige zusammenliegende Nervenfasern steigen aus der Tiefe der Cutis gegen die Papillar-Region auf und gelangen ziemlich nahe an die Epithelgrenze. Dann zerfallen sie in mehrere Aestchen, welche vorwiegend in zwei entgegengesetzten Hauptrichtungen verlaufen. Dieselben kriechen in leicht wellenförmiger Gestalt eine längere Strecke unter dem Stratum mucosum fort, vielfache Fäden gegen das letztere emporsendend, Diejenigen Schnitte, welche die grösste Concentration von Nervenfasern zeigen, entbehren gewöhnlich der Gefässe fast ganz. Die Endfäden konnten im Allgemeinen nur bis an die unterste Zellenreihe verfolgt werden; zuweilen schien das zugespitzte Ende zwischen die Zellen der untersten Reihen einzudringen. Eine celluläre Endigung konnte nicht constatirt werden; Endknöpfchen wurden zuweilen gesehen, jedoch halte ich es nicht für erwiesen, dass hier immer praeformirte Bildungen zu Grunde lagen; die spitze Endigung war viel häufiger.

Temperaturpunkt: In ähnlicher Weise wie beim Druckpunkt steigt ein Nervenbündel in der Cutis schräg aufwärts; dasselbe löst sich gewöhnlich schon in grösserer Tiefe als die Drucknerven in eine Anzahl von Aestchen auf. Letztere kriechen jedoch nicht unter dem Epithel hin, sondern steigen in kurzem Verlauf theils gerade, theils schräg gegen dasselbe auf, so dass sie eine Art Büschel von umgekehrt kegelförmiger Gestalt bilden. Sie sind feiner als die Aestchen der Drucknerven und bilden auf relativ engem Raume eine Art von Plexus, welcher sich bald erst dicht unter dem Epithel, bald schon etwas tiefer in der Cutis entwickelt. Schliesslich tritt eine Anzahl von Fäden bis an das Epithel heran, wo sie nicht weiter zu verfolgen sind; auch scheinen Fäden in in der Cutis zu endigen. Diese Ramification findet sich stets in unmittelbarer Nachbarschaft von Capillarschlingen, an welche auch Fasern herantreten; jedoch endigen dieselben wahrscheinlich nicht in denselben, sondern gelangen an ihnen vorbei, um sich dann gleichsam zwischen Capillaren und Epithel einzukeilen. Eine besondere Art der letzten Endigung konnte nicht constatirt werden, speciell auch nicht eine Fortsetzung in das Epithel. Ein Unterschied zwischen Kälte- und Wärmenerven, bezüglich der Endausbreitung, konnte mit Sicherheit nicht festgestellt werden.

3. Von der Existenz von Epidermisnerven in dem Sinne von Lagerhans, Ranvier u. A. habe ich mich nicht überzeugen können, obwohl solche Bilder, wie sie anch von den Autoren gezeichnet werden, vielfach gesehen wurden. Zu den Gründen, welche bereits gegen die Epithelnerven vorgebracht sind (W. Wolff), möchte ich noch hinzufügen, dass die Häufigkeit dieser schwarzen Fäden in der Oberhaut, welche als Epidermis-Nerven interpretirt worden sind, in meinen Praeparaten in keinem Verhältniss stand zu dem discontinuirlichen Auftreten der Nerven-Anhäufungen an der Epithel-Grenze, vielmehr eine überall ziemlich gleichmässige war.

4. Von besonderem Interesse dürfte es sein, dass sich an den Druckpunkten keine Tastkörperchen fanden. Ich kann denselben eine integri-

rende Bedeutung für die Tastwahrnehmungen als solche nicht zuerkennen, halte dieselben vielmehr in der Hauptsache für Schutzorgane der Nervenenden.

5. Es ist immerhin möglich, dass an den Endigungen speciell der Temperaturnerven noch irgendwelche zarten Gebilde sich befinden, welche durch die eingreifende Praeparation zerstört werden; im Uebrigen dürfte man sich auch vorstellen können, dass die plexusähnliche Art der End-Ramifircation auch an sich schon genügen möchte, um Dichtigkeits-Veränderungen des Gewebes, wie sie ohne Zweifel durch die Temperaturreize hervorgebracht werden, aufzufangen. Die Beziehung der Gefässe zu den Temperatur-Nerven-Enden halte ich nicht von reizvermittelnder Bedeutung, sondern darin gipfelnd, dass die letzteren möglichst unter den unmittelbaren Einfluss der Blutwärme gesetzt werden.

Meine Untersuchungen sind auf der histologischen Abtheilung des physiologischen Instituts, unter wohlwollender Unterstützung durch Hrn. Professor Fritsch, angestellt.

Die Structur des Nervenplexus in der Vorhofscheidewand des Froschherzens.

Von

P. Lahousse.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

(Hierzu Taf. VIII.)

Die Anregung zur Untersuchung des im Titel bezeichneten Nervenplexus wurde mir hauptsächlich durch die Arbeiten von Beevor[1] und Canini[2] gegeben, aus denen sich die Vermuthung schöpfen liess, dass zwischen der Endigung der Nervenfaser im Centralorgan und der an der Peripherie eine histologische Analogie bestehe. Hr. Dr. Gaule richtete meine Aufmerksamkeit auf diese Frage und rieth mir, mit Hülfe der unterdess verbesserten Methoden, ein zwar schon oft untersuchtes aber sehr taugliches Object, die Vorhofscheidewand des Froschherzens, zum Ausgangspunkt der Untersuchung zu nehmen. Ich will kurz den Gedankengang skizziren, den ich Dr. Gaule verdanke. Beevor hatte gefunden, dass in der Körnerschicht der Kleinhirnrinde die Markscheide der Nervenfasern in die Neuroglia übergehe, indem die Zellen der Markscheide zu Zellen der Neuroglia werden. Freilich sind die Zellen der Markscheide ganz anders als die Zellen der Neuroglia, aber Beevor hatte den Beweis geführt, dass sie beide Formen einer und derselben Art, indem er nachwies: 1. ihre Continuität, 2. die entsprechenden Uebergangsformen, welche sich an den Stellen des Zusammenhangs finden, 3. eine Anzahl beiden Zellformen gemeinschaftlicher Charaktere als z. B. das Vorhandensein von Neurokeratin und von erythrophiler Substanz (Weigert'sche Reaction). Da sich aus der Beevor-schen (und übrigens auch aus den meisten anderen Darstellungen) ergiebt, dass wir uns die Neuroglia als ein zusammenhängendes Zellennetz vorzustellen haben, so hätten wir im Centralorgan die Endigung der Markscheide

[1] Ch. Beevor, Die Kleinhirnrinde. *Dies Archiv.* 1883. S. 363.

[2] Canini, Die Endigungen der Nerven. *Dies Archiv.* 1883. S. 149.

in einem Netz, in das nach und nach alle Nerven einmünden, und durch das sie alle in Zusammenhang stehen.[1] In der Abhandlung Canini's andererseits (namentlich in den von Gaule gemachten Zusätzen) wird geschildert, dass die Nerven an der Peripherie in ein Netz von Zellen mit Ausläufern, welche Uebergangsformen zu den Zellen der Scheide der Nerven darbieten und mit diesen in Zusammenhang stehen, sich auflösen.

Die Frage ist nun, existirt zwischen diesem Zellennetz an der Peripherie und dem im Centralorgan eine Beziehung, eine Analogie, oder mit anderen Worten, geht das erstere ebenso wie das letztere aus den Zellen der Markscheide hervor? Die Antwort auf diese Frage wird der Leser sich selbst geben, wenn er die zu dieser Abhandlung gehörigen Abbildungen 1 und 2 betrachtet und an diesen entdeckt, dass auch die Zellen des peripheren Nervenplexus bez. ihre Ausläufer, eine der Neuroglia ähnliche netzförmige Structur, haben.

Es liegt lediglich an der gewählten Methode, dieselbe zum Vorschein zu bringen. Ich muss zunächst bemerken, dass ich von dem Objecte Canini's, dem Froschlarvenschwanz, abging und mich der Vorhofscheidewand zuwandte, weil ich erwachsene Frösche benutzen wollte, bei denen die Markscheide besser ausgebildet ist. Da nach den Erfahrungen Weigert's die Reactionen auf die Markscheide am besten gelingen, wenn die Erhärtung mit mindestens 3 % chromsaurer Kalilösung bei 35 bis 40° C. vorgenommen wird, also unter diesen Umständen die Markscheide sich jedenfalls am besten conservirt, so wählte ich diese Methode. Man darf jedoch nicht glauben, dass man die Scheidewand einfach in diese Flüssigkeit werfen dürfe. Sie würde sich contrahiren und die Muskeln würden dann die Nerven verdecken. Ebensowenig darf man aber die Scheidewand ausschneiden, spannen und erhärten wollen. Es würden die feineren Structurelemente unter dem Einfluss des Absterbens längst zu Grunde gegangen sein. Man muss etwas umständlicher verfahren. Es werden in situ, in Aorta und in den Venensinus Canülen eingebunden und das Herz mit einem Durchspülungsapparat in Verbindung gebracht. Es wird sodann so lange mit alkalischer Kochsalzlösung durchgespült, bis es ganz blutfrei geworden ist. Dann füllt man eine auf 40° erwärmte 3 procentige chromsaure Kalilösung

[1] Es ist selbstverständlich, dass diese Schilderung einer allgemeinsten Grundform der Endigungsweise, wenn man sie auf die einzelnen Erscheinungen anwendet, mannigfaltiger Einschränkungen bedarf. So ist es klar, dass die Neuroglia der Erwachsenen nicht mehr ein unterschiedsloses Netz darstellt, sondern dass sich in ihr bestimmte Bahnen und Abtheilungen ausbilden. Ebenso gehen in einigen Theilen der Neuroglia die Zellkerne zu Grunde, in anderen erhalten sie sich. Ueber das Verhältniss der Axencylinder zur Neuroglia siehe die Abhandlung von Beevor.

und klemmt, sobald dieselbe das Herz erreicht, das Ausflussrohr zu, indem man gleichzeitig den Druck so hoch steigert, dass das Herz denselben nicht mehr überwinden kann, also in Diastole still steht. Je besser hierbei die Ausdehnung des Herzens gelingt, desto weiter sind in der Scheidewand die Muskelinterstitien, in denen die Beobachtung der nervösen Elemente gelingt. Es wird alsdann das Herz, bezw. der ganze Frosch in ein Bad von 40 ^{0} warmem, chromsaurem Kali versenkt und bei unverändertem Druck darin 14 Tage belassen.

Nach dieser Zeit wird das Herz angeschnitten und die Scheidewand herauspraeparirt. Sie ist nunmehr vollkommen steif, platt ausgebreitet, faltet sich nicht mehr, quillt auch nicht, wenn sie einige Stunden im Wasser liegt. Sie wird nach den auf der histologischen Abtheilung üblichen und mehrfach beschriebenen Methoden auf dem Objectträger gefärbt, aufgehellt und mit angesäuertem Glycerin ($^1/_2$ procentiger Ameisensäure) oder Canada-Balsam eingeschlossen. Am besten gelingt die Färbung mit Säurefuchsin.

Die allgemeinen Verhältnisse des Verlaufes der Nerven, der sich ihnen anschliessenden Ganglienhaufen, ihr Uebergang in die Plexus und die Beziehungen zu den Muskeln sind bekannt, ich will darauf nicht näher eingehen. Nur in Bezug auf die feineren Structurverhältnisse bringen die angewendeten Methoden Neues. Betrachtet man in dem, was wir nach Ranvier's Terminologie den Plexus fundamentalis nennen, ein Stämmchen von der Dicke etwa einer markhaltigen Faser, so sieht man in demselben nicht mehr die Gliederung in Axencylinder und Markscheide. Dasselbe zeigt vielmehr, wie ein Blick auf Abbildung *a* lehrt, eine gleichförmig auf der ganzen Breite erscheinende netzförmige Structur. Vielleicht sind an den Seiten die Maschen etwas feiner als in der Axe. Das Netz wird gebildet von sehr feinen glänzenden Fäden, in deren hellen Zwischenräumen eine Substanz lagert, die sich sehr schwach mit Eosin färbt, und bei der Behandlung nach der Weigert'schen Methode hie und da eine ganz schwache Markscheidenreaction giebt. Die Fäden selbst färben sich mit Nigrosin. In den Verlauf der Faser sind eingeschaltet von Strecke zu Strecke, grosse helle Kerne mit einem dichten feinen Kerngerüst. An die Contour dieser Kerne schliesst sich das Fadennetz der Faser ganz ebenso an, wie bei den Neurogliazellen. Wenn man sich diese Verhältnisse auf der Abbildung aufgesucht hat, wird man weiter sehen, wie von diesen grösseren Verzweigungen, die dem Ranvier'schen Fundamentalplexus entsprechen würden, feinere Fasern abgehen, die einen zweiten Plexus bilden, in den sehr zahlreiche Zellen eingeschaltet sind.

Das Charakteristische ist nun, dass auch die Fäden des secundären Plexus dieselbe netzförmige Structur zeigen und selbst die Fortsätze der Zellen, welche in den Plexus einbezogen sind bis in die feinsten Verzwei-

gungen hinab, in denen sich dann allerdings die Structur ebenso wie ja zuletzt die Fäden selbst in unmessbarer Feinheit verliert. Man muss natürlich die besten Linsen anwenden, um die Structur zu sehen. Während sie in den Fäden des primären Plexus noch mit $^1/_{12}$ Zeiss sichtbar ist, muss man bei der Untersuchung des secundären Plexus $^1/_{18}$ Zeiss und für die Zellfortsätze $^1/_{25}$ Leitz anwenden. Die Structur ist vollkommen constant und scharf, sie lässt sich durch den ganzen Verlauf des primären und secundären Plexus verfolgen und gestattet mit Sicherheit, die nervösen Elemente von allen übrigen zu unterscheiden.

Damit ist die Frage, von welcher ich ausgegangen bin, beantwortet, denn es kann keinem Kundigen entgehen, dass ein Zellennetz, wie es hier beschrieben ist, mit seinen wieder aus feinen, netzförmigen verschlungenen Fädchen gegliederten Verzweigungen in der That der Neuroglia analog ist. Ein Vergleich mit Praeparaten Beevor's, welche sich noch auf der histologischen Abtheilung vorfanden, und welche von Kleinhirnen hergestellt waren, die nach derselben Methode (3 Procent chromsaures Kali bei 40°). erhärtet wurden, ergab bei beiden dieselbe Structur der feinen Fädchen Nur ist der allgemeine Charakter des Zellennetzes (also des Netzes im Groben genommen, nicht des wieder die Fäden bildenden Netzes) ein anderer. Denn das Zellennetz an der Peripherie ist weit auseinander gezogen, mit grossen Zwischenräumen oder Maschen, die einzelnen Fortsätze sind lang und verbinden weit von einander entfernte Zellen. Im Centralorgan aber ist das Zellennetz dicht zusammengedrängt, es fehlen die freien Zwischenräume und damit die grobe Gliederung in Maschen. Das feine Fadennetz scheint hier unterschiedslos alle Räume zwischen den Zellen auszufüllen.

Aber die feinere Structur, der eigentlich histologische Charakter der Zellfortsätze, wie der Kerne, ist bei beiden derselbe und man kann sich sehr wohl das eine Netz aus dem anderen hervorgehend denken, wenn man das eine über eine grössere Fläche auseinandergezogen, das andere auf einen kleinen Raum zusammengedrängt sich denkt. So würde die Faser des Nervenstammes die Verbindung zweier solcher Zellennetze darstellen und man kann mit Rücksicht auf die Beziehnung dieser Zellen zu denen der Markscheide der Nerven entweder sich ausdrücken, dass die Markscheide sich an beiden Enden auflöse in diese Netze, oder aber, dass dieses Zellennetz sich da, wo der Nerv weite Räume zu überspannen hat, verdichte zu einer Röhre, die ihn umgiebt und isolirt. Ich will auf die physiologischen Fragen, welche dieses Structurverhältniss anregt, nicht eingehen, wer sich die ganzen Schwierigkeiten dieses Problems klar machen will, möge die geistreichen Betrachtungen, welche darüber Hensen angestellt hat, nachlesen.

Im Uebrigen ist auch hier auf das Verhältniss im Centralorgan und

auf die in der Arbeit Beevor's niedergelegten Betrachtungen über die Beziehungen des Axencylinders zu dem Neurogliagerüst hinzuweisen.

Zwei Beobachtungen, welche ich bei meiner Untersuchung gemacht habe, will ich hier noch anschliessen, um so mehr, als sie in Bezug auf diese Fragen einen Fingerzeig geben. Die erste bezieht sich auf die Ganglienzellen. Dieselben kommen nicht bloss in den bekannten, grossen Ganglienhaufen vor, sondern es giebt, wie ja auch schon bekannt ist, in dem ganzen Bereich der Plexus fundamentalis isolirte Ganglienzellen. Von diesen sind einige sehr klein, und wenn man dies Verhältniss genauer verfolgt, kann man bald nicht im Zweifel sein, dass man es mit noch unentwickelten Formen zu thun hat. Man findet alle Grössen bis zu Zellen von der Grösse der Zellen der Markscheide, welche sich aber von diesen durch ein tief mit Nigrosin sich färbendes Protoplasma unterscheiden. Dieses Protoplasma umgiebt oft den Kern nicht vollständig, sondern liegt ihm halbmondförmig auf einer Seite an.

Alle diese Ganglienzellen liegen, so lange sie klein sind, in der Scheide der Nerven selbst und in dem Maasse, als sie grösser werden, erscheinen sie als eine seitliche Ausbuchtung, welche sich immer deutlicher von dem Nerven abschnürt.

Die Thatsache, dass diese Nervenplexus unentwickelte Ganglienzellen enthalten, würde mit dem, was Birge[1] in den Vorderhörnern des Rückenmarks gefunden hat, dass nämlich die Zahl der Ganglienzellen mit dem Lebensalter des Frosches steigt, leicht in Einklang zu bringen sein. Vergleichende Zählungen, zu denen mir aber die Zeit fehlte, müssten auch hier den Beweis erbringen, dass im Verlauf des Lebens sich diese Zellen allmählich entwickeln.

Die Ganglienzellen der Scheidewand haben bekanntlich eine Kapsel, welche mit mehr oder weniger zahlreichen Kernen besetzt ist. Betrachtet man diese Kapsel an meinen Praeparaten, so sieht man, dass hier ein ähnliches Verhältniss obwaltet, wie es Beevor von Purkinje'schen Zellen der Kleinhirnrinde beschrieben hat. Die Kapsel hat nämlich eine korbähnliche Structur und wird zusammengesetzt von einem Netz von Ausläufern, welches eben jenen Zellen angehört, deren Kerne sie besetzen. Diese Zellen sind aber hier wie im Kleinhirn keine anderen als die modificirten Zellen der Markscheide. In der Peripherie des Protoplasma's der Ganglienzelle finden sich häufig eigenthümlich glänzende Körper eingeschlossen, und daneben helle vacuolenähnliche Räume. Wenn junge Ganglienzellen sich entwickeln, so ist es häufig im Anschluss an die Kapsel der alten Ganglienzellen und

[1] Birge, Die Zahl der motorischen Ganglienzellen u. s. w. *Dies Archiv.* 1882. S. 435.

die Abbildung 3 giebt ein gutes Bild einer solchen alten Zelle mit ihrer Kapsel und einer daneben sich entwickelnden jungen.

Die zweite der Beobachtungen, von denen ich oben sprach, bezieht sich auf das Verhältniss der Nerven zu den Muskeln der Scheidewand. Ich habe diesem Verhältniss nicht so viel Aufmerksamkeit geschenkt, wie die Beobachter, denen die Endigung der Nerven in den Muskeln die wesentlichste Angelegenheit war. Ich habe mir aber doch klar werden wollen, wie denn die Auflösung der Nerven in das Zellennetz sich zu seiner Endigung in den Muskeln verhielt. In dieser Beziehung sind die Abbildungen 2 und 4 lehrreich. Es legen sich eben die Zellen des Plexus an die Züge der Muskeln heran und begleiten dieselben.

Ob dann eine directe Verbindung zwischen den Zellen des Plexus und der quergestreiften Substanz stattfindet, oder ob diese Verbindung durch Kern und Protoplasma der Muskelfaser hergestellt ist, weiss ich nicht.

Neben diesen Stellen aber, wo Zellen des Plexus mit einem anderen Gebilde in Beziehung treten, haben wir die unzähligen Fortsätze derselben, die sich in unmessbare Feinheit verlieren. Sie stellen unbenutzte facultative Enden dar, für Organe bezw. Muskeln, die sich in den Maschenräumen entwickeln könnten, ebenso wie es gewiss in dem Plexus unzählige unbenützte Leitungsbahnen giebt.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Färbung mit Säurefuchsin. Uebergang des fundamentalen (primären) Plexus in den secundären. *a* Aestchen des primären Plexus. *a'* Kerne desselben. *b* Hervorgehen eines Astes des secundären Plexus. *b'* Zellen des secundären Plexus. *b''* eine Zelle desselben in tieferer Einstellungsebene.

Fig. 2. Säurefuchsin. Secundärer Plexus. Herantreten desselben an die Züge der Muskelfasern bei *c*.

Fig. 3. Ganglienzelle des primären Plexus. *a'* Kerne der Scheide. *a''* Netzwerk der Kapsel am Halse der Ganglienzelle sichtbar, bei anderer Einstellung ist es auf der ganzen Ganglienzelle erkennbar. *a'''* Körper im peripheren Theil des Protoplasma's der Ganglienzelle. *b* Junge Ganglienzelle. *b'* Kerne der Scheide der jungen Ganglienzelle mit der Scheide der alten zusammenhängend. *cc'* Nerven zum Plexus gehend.

Fig. 4. Herantreten der Nerven an die Muskeln. *b* Stämmchen des secundären Plexus. *b'* Zellen desselben. *c* Muskelfasern der Vorhofscheidewand.

Ueber das Entstehen und Verschwinden der elektrotonischen Ströme im Nerven und die damit verbundenen Erregungsschwankungen des Nervenstromes.

Von

J. Bernstein
in Halle a. S.

(Hierzu Taf. IX u. X.)

Das Auftreten der elektrotonischen Ströme in den extrapolaren Strecken eines Nerven, welcher von einem constanten Strome durchflossen wird, bietet in mehrfacher Beziehung physiologisches Interesse dar.

Einmal zeigen dieselben, dass in den lebenden Nervenfasern unter der Einwirkung des Stromes eine innere Aenderung stattfindet, welche sich von der durchflossenen Stelle nach beiden Seiten hin ausdehnt, und ferner lassen sie einen Zusammenhang mit derjenigen Erregbarkeitsänderung vermuthen, welche zugleich im Nerven beobachtet wird. Von ihrem Entdecker E. du Bois-Reymond ist bekanntlich das Verhalten dieser Ströme unter verschiedenen Bedingungen bereits eingehend untersucht worden. Da es sich in Folgendem hauptsächlich um den zeitlichen Ablauf derselben handeln wird, so haben wir unter diesen Untersuchungen diejenigen hier anzuführen, in denen die Stärke der Ströme möglichst kurze Zeit nach der Schliessung mit Hülfe der Bussole beobachtet wurde.[1] Mit dem damals noch nicht aperiodisch gemachten Magnete konnte der Verlauf der Stromstärke erst etwa 8 bis 10 Secunden nach erfolgter Schliessung festgestellt werden. Der anelektrotonische Strom stieg vom ersten Moment der Beobachtung an

[1] Ueber die elektromotorische Kraft der Nerven und Muskeln. *Dies Archiv.* 1867. S. 417. — *Gesammelte Abhandlungen.* Bd. II. S. 232.

mehrere Minuten hindurch, erst schnell dann langsamer, zu einem Maximum an. Der katelektrotonische Strom dagegen sank von einem höheren oder zuweilen geringeren Werthe als der anelektrotonische beständig mit abnehmender Schnelligkeit herab. Aus letzterem liess sich vermuthen, dass der katelektrotonische Strom schnell zu einem Maximum emporsteigt, welches in der der Beobachtung nicht zugänglichen Zeit lag.

Ich unterlasse es an dieser Stelle, alle diejenigen Untersuchungen anzuführen, welche sich mit der Ausbreitung der Erregbarkeitsänderung im Kat- und Anelektrotonus beschäftigen, da es sich zunächst noch nicht um die Frage handelt, in welcher Beziehung diese Vorgänge zu den elektrotonischen Strömen stehen. Diese wird erst später in Betracht kommen.

Ueber die Geschwindigkeit, mit welcher diese Ströme entstehen und sich ausbreiten, ist zunächst ein schon mehrfach besprochener Versuch von Helmholtz[1] angestellt worden. Das Eintreten der secundären Zuckung vom Nerven ergab am Myographion keinen Zeitunterschied gegen die primäre Zuckung, wenn die Nervenlängen von den Polen zum Muskeln in beiden Fällen dieselben waren. Der secundäre Nerv lag dem primären in seiner unteren Hälfte an. Der hieraus gezogene Schluss, dass „der elektrotonische Zustand des Nerven nicht merklich später eintritt als der ihn erregende elektrische Strom“ ist wohl dahin zu ergänzen, dass dies nur auf die direct durchflossene Strecke zu beziehen ist. Auch bin ich mit du Bois-Reymond[2] der Meinung, dass man nach diesem Versuche die Fortpflanzung des Elektrotonus etwa der des Erregungsprocesses nahezu gleichwerthig setzen könne. Indessen möchte ich zu bedenken geben, ob die graphische Methode ausreichend war, um geringe Unterschiede zu constatiren.

Schon lange war es meine Idee, nicht nur die Geschwindigkeit, sondern auch den Ablauf, das Entstehen und Verschwinden der elektrotonischen Ströme mit Hülfe des Rheotoms zu untersuchen. Durch diesen Apparat war das Mittel gegeben, in einem bestimmten Zeitmoment den polarisirenden Strom dem Nerven zuzuleiten und ihn zu unterbrechen, zugleich aber in verschiedenen Zeitmomenten die elektrotonischen Ströme abzuleiten, d. h. aus der Curve ihres Verlaufes einzelne Stücke herauszuschneiden. Ausserdem musste aus diesen Versuchen auch zu ersehen sein, mit welchen elektromotorischen Veränderungen des Nerven die Schliessungen und Oeffnungen der Ströme verbunden sind, um diese mit den bekannten Erscheinungen des Zuckungsgesetzes zu vergleichen.

---

[1] *Monatsberichte der Berliner Akademie.* 15. Juli 1885. — *Wissenschaftliche Abhandlungen.* Bd. II. S. 882.

[2] *Gesammelte Abhandlungen.* Bd. II. S. 258.

Die Versuchsanordnung, deren ich mich bediente, war im Allgemeinen eine ähnliche, wie ich sie schon bei meinen Versuchen „über den zeitlichen Verlauf des Polarisationsstromes“ [1] angewendet hatte. Diese Versuche waren damals selbst angeregt durch die Analogien, welche zwischen den physikalischen Polarisationsvorgängen, der sogenannten inneren Polarisation der lebenden Organe und den Elektrotonusströmen der Nerven bereits vorhanden waren oder sich noch vermuthen liessen. Es war daher erforderlich, diese rein physikalische Polarisation in ihrem Ablauf zu untersuchen, und zwar bot sich mir diese Aufgabe nicht nur in physiologischem, sondern auch in physikalischem Interesse dar. Es wurde in diesen Versuchen mit Hülfe des Rheotoms ein Strom periodisch auf kurze Zeit durch eine Zersetzungszelle von Platin in verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure geleitet. Diese Zelle stand dauernd mit einer Nebenleitung in Verbindung, durch welche die entstandene Polarisation sich in der Zwischenzeit abgleichen konnte, und von dieser Nebenleitung wurde zu verschiedenen Zeitmomenten ein Zweig in das Galvanometer geleitet, um den Vorgang der Depolarisation zu beobachten. Ich fand, dass die Depolarisation in einem geschlossenen Kreise anfangs in einer nahezu logarithmischen Curve absinkt, im späteren Verlaufe aber immer langsamer abnimmt.

Für den ersten Theil der Curve gilt daher annähernd die Gleichung:

$$p = p_0 \cdot e^{-\alpha t}$$

wo p die elektromotorische Kraft der Polarisation zur Zeit t, p_0 die zur Zeit $t = o$, und α eine Constante bedeutet.

Der Werth α „Abgleichungsconstante oder Depolarisationscoëfficient“ lässt sich für willkürlich gewählte Bedingungen des Widerstandes u. s. w. im Polarisationskreise durch Versuche berechnen und ist von mir für Platinelektroden in schwefelsaurem Wasser und Salzsäure bestimmt worden.[2]

Während ich mit den Untersuchungen am Nerven beschäftigt war, erschien eine Arbeit von Tschirjew, „Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrotonischen Vorgänge im Nerven.“ [3] Diese veranlasste mich, die wesentlichen Ergebnisse meiner Versuche in einer vorläufigen Mittheilung zu publiciren.[4] Tschirjew bediente sich in seinen ersten Versuchen einer einmaligen Schliessung des polarisirenden Stromes mit Hülfe eines Federmyographions, an dessen Rahmen auch die schliessenden Contaktspitzen befestigt waren, die in Quecksilber eintauchten. In späteren Versuchen

---

[1] Poggendorff's *Annalen*. 1875. Bd. CLV.

[2] In letzter Zeit hat Hr. Krieg für verschiedene Elektrolyte und Elektroden die Werthe für α durch Versuche im hiesigen Institut ermittelt. — Beiträge zum zeitlichen Verlauf der galvanischen Polarisation. *Diss. inaug.* Halle a/S. 1884.

[3] *Dies Archiv.* 1879. S. 525.

[4] *Monatsberichte der Berliner Akademie.* 12. Febr. 1881. S. 186.

benutzte er ebenfalls das Rheotom in der von mir gebrauchten, unten beschriebenen Anordnung und beobachtete die Ströme des Nerven mit einem Capillarelektrometer. Er leitete den Nerven von zwei symmetrischen Punkten des Längsschnittes ab und führte den polarisirenden Strom in 4 bis 11 mm Entfernung zu. Er beschränkte sich darauf, die Anfänge des elektrotonischen Stromes zu bestimmen, vorzugsweise des anelektrotonischen, der an Grösse überwiegt und kommt zu dem Resultate: „1. dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrotonischen Stromesschwankung im Nerven, obschon sie in gewissen Fällen derjenigen des Erregungsprocesses sehr nahe tritt, doch im Allgemeinen kleiner ist als letztere; 2. dass diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der Verlängerung der ableitenden Nervenstrecke abzunehmen scheint."

In Bezug auf die Geschwindigkeit, mit welcher sich die elektrotonischen Ströme im Nerven ausbreiten, bin ich, wie folgt, zu ähnlichen Ergebnissen wie Tschirjew gelangt. Ich habe aber geglaubt, dass es, um diese Vorgänge erschöpfend zu untersuchen, nothwendig ist, sich nicht auf die eben beschriebene Versuchsart zu beschränken, sondern auch den ganzen Ablauf der Ströme zu verfolgen, sowie die Ableitung des Nerven mannigfach zu variiren, um namentlich diejenigen Erscheinungen zu fixiren, welche mit der Schliessung und Oeffnung des polarisirenden Stromes verknüpft sind.

Versuchsmethode.

Die Anordnung der Apparate in den nun folgenden Versuchen ist in Fig. 1 schematisch wiedergegeben. Die beiden Quecksilbergefässe q q des Rheotoms R stehen einerseits mit der polarisirenden Kette K, andererseits mit einer polarisirenden Elektrode des Nerven p in Verbindung. Der Strom der Kette kann durch einen Stromwender in der einen oder anderen Richtung zugeführt und durch den Schlüssel s der Nervenstrecke p p mit unpolarisirbaren Elektroden[1] zugeleitet werden.

Es hat sich als zweckmässsig und nothwendig herausgestellt, diejenige Elektrode, welche mit der Kette in beständiger oder periodischer Verbindung bleibt, zur Erde abzuleiten. Dadurch vermeidet man alle unipolaren Wirkungen auf den Nerven, welche den Nerven nicht nur schwach polarisiren, sondern sich auch am Galvanometer störend bemerklich machen können.

---

[1] Ich bediene mich ausschliesslich der du Bois-Reymond'schen Elektroden, weil es an jedem Nachweise fehlt, dass die angegebenen Modificationen (Hermann, Fleischl) wirklich unpolarisirbar sind.

Ich nenne die Stromesrichtung, welche der abgeleiteten Strecke des Nerven zugekehrt ist, die kathodische, und die ihr abgewendete die anodische, welche in ihr Kat- und Anelektrotonus-Ströme erzeugen.

Als Kette diente in den meisten Versuchen ein Strom von vier Daniell'schen Elementen, doch wurde auch zuweilen noch ein Sauerwald'sches Rheochord als Nebenschliessung eingeschaltet. Stärkere Ströme habe ich meist vermieden, einmal wegen der Gefahr der Stromschleifen und zweitens wegen der verderblichen Wirkung auf den Nerven. Die vier Daniell konnten in den meisten Fällen wohl als starker Strom im Sinne des Pflüger'schen Zuckungsgesetzes betrachtet werden.

Die Ableitung des Nerven geschah entweder vom Längsschnitt und Querschnitt $L\ Q$, oder von zwei Längsschnittspunkten $l\ \lambda$. Eine der Elektroden stand mit dem kleinen Quecksilbergefäss q' des Rheotoms in Verbindung, welches statt des Drahtes auf dem Schieber desselben aufgesetzt war, und eine Kupferspitze p' tauchte während der Rotation in dieses ein. Von hier aus ging der Kreis durch die axiale Leitung des Rheotoms zur zweiten ableitenden Elektrode. Ein Schlüssel stellte beim Oeffnen die Verbindung mit dem Galvanometer her.

Während der Rotation des Rheotoms wurde daher eine bestimmte Zeit lang periodisch der polarisirende Strom geschlossen, sobald die Spitzen in die Quecksilbergefässe $q\ q$ tauchten, der abgeleitete Strom dagegen schloss sich, wenn die Spitze p' in q' tauchte und diese Schliessung konnte mit dem Schieber gegen die erstere beliebig verschoben werden. Die Schliessungszeit des polarisirenden Stromes ist immer erheblich grösser als die des abgeleiteten.

Es ist in den folgenden Versuchen nöthig, diejenigen Momente möglichst genau festzustellen, in welchen die Schliessungen und Oeffnungen der beiden Kreise stattfinden. Es sei in dem Coordinatensystem Fig. 2 der Nullpunkt S auf der Zeitabscisse derjenige Moment, in welchem die Schliessung des polarisirenden Stromes eintritt und O der Moment der Oeffnung desselben, ferner seien s und o die Momente der Schliessung und Oeffnung des abgeleiteten Stromes, so können wir uns die kleine Zeit $s\,o$ über die Abscisse beliebig verschoben denken. Fällt nun o mit S der Zeit nach zusammen, so ist die an der Theilung des Rheotoms abgelesene Stellung des Schiebers der „Nullpunkt“ desselben für den Versuch, denn bei dieser Einstellung kann eine Wirkung am Galvanometer noch nicht vorhanden sein und von hier ab überhaupt erst beginnen. Es wird also zu erwarten sein, dass bei weiterem Vorschieben von $s\,o$ die Wirkungen anheben und stärker werden. Es wird ferner der Moment festgestellt, in welchem O mit s zusammenfällt. Von dieser Stellung ab beobachtet man die Vorgänge, welche nach der Oeffnung des polarisirenden Stromes erscheinen. Die entsprechen-

den Schieberstellungen, welche in den Versuchen *So* und *sO* genannt werden, müssen während der Rotation durch den Versuch ermittelt werden. Zu diesem Zwecke setzt man je eine polarisirende Elektrode mit einer ableitenden zusammen und lässt den Strom eines Daniell durch die so hergestellte Leitung hindurchgehen, sobald die Spitzen gleichzeitig in qq und q' eintauchen. Durch Vorschieben des Schiebers mit der Mikrometerschraube desselben erkennt man während der Rotation die Momente *So* *sO* durch Eintreten einer plötzlichen Ablenkung. Es kommt ferner darauf an, die Schliessungsdauer von *so* zu kennen. Dies geschieht dadurch, dass man das Rad des Rheotoms in seiner Axe feststellt und den Schieber mit q' langsam gegen die Spitze p' hinschiebt bis ein Eintauchen sattfindet und ebenso das Austauchen eintritt. Beides lässt sich in diesem Falle mit dem Auge (Lupe) beobachten. Während der Rotation kann eine wesentliche Aenderung dieser Grösse nicht eintreten, da die Verschiebung für Schliessung und Oeffnung in gleichem Sinne erfolgt. In den Versuchen bedeutet *so* die Differenz der Schieberstellungen für Schliessung und Oeffnung von p' und q'; *so* multiplicirt mit der Umdrehungszeit *Ur* des Rades, giebt die Schliessungsdauer des abgeleiteten Stromes. Um die Schliessungsdauer in qq zu kennen, brauchen wir jetzt nur *so* von *sO* — *So* abzuziehen denn denken wir uns Fig. 2 *so* von der Stellung *So* aus vorgeschoben, so erhielten wir den Abstand von *S* und *O* wenn *o* mit *O* zusammenfiele, und dies wäre der Fall, wenn wir den Schieber von der Stellung *sO* um die Grösse *so* zurückbewegten. Die gefundene Grösse *SO* multiplicirt mit *Ur* giebt daher die Schliessungszeit des polarisirenden Stromes. Diese schwankte in den folgenden Versuchen etwa zwischen $^1/_{80}$ bis $^1/_{200}$ Secunde, die Dauer des abgeleiteten Stromes war meist etwa $^1/_{1000}$ Secunde und konnte bis etwa $^3/_{10000}$ Secunde vermindert werden.

Als Praeparat dienten meist die beiden zusammengelegten Nn. ischiadici des Frosches. Dieselben werden an ihrem centralen und peripheren Ende mit Seidenfäden zusammengebunden und in der feuchten Kammer zwischen zwei auf dem Boden aufgekitteten Korken horizontal ausgespannt, so dass man die Thonspitzen bequem ansetzen konnte. Die polarisirenden Elektroden lagen fast immer centralwärts, die ableitenden peripher. Unterschiede in Bezug auf die Richtung, in der sich der Elektrotonus ausbreitet, waren ja bisher nicht zu vermuthen. Sollte von zwei möglichst stromlosen Punkten des Längsschnittes abgeleitet werden, so befanden sich die Elektroden etwa in der Mitte zwischen dem Abgang der Oberschenkeläste und der Theilung der Nerven in seine beiden Endäste, denn höher oben mischen sich die Ströme der Nervenstümpfe störend ein. Sollte dagegen vom Längsschnitt und Querschnitt abgeleitet werden, so wurde der Nerv in der Nähe seines peripheren Endes mit einem nassen Baumwollenfaden abge-

bunden und von dem Knoten abgeleitet. Diese Ableitung ist, wie die Beobachtung lehrte, eine durchaus reine Querschnittsableitung, und viel bequemer als die Anlegung eines durchschnittenen Nerven an die Elektrode, da sie den Vortheil bietet, den Nerven in gestreckter Lage zu fixiren. Die Anbringung eines thermischen Querschnittes schien mir nicht rathsam, da ja der Nerv erst bei Temperaturen über 70° C. abstirbt, die ihn in seiner ganzen Ausdehnung zu sehr schädigen könnten. Dagegen habe ich mich in späteren Versuchen auch mit Vortheil der von Hermann angegebenen Quetschung des Nerven mit Hülfe einer kleinen Planzange bedient. Bei Ableitung von der gequetschten Stelle und dem Längsschnitt erhält man anscheinend einen eben so starken Strom, wie von einem Schnittende des Nerven.

Der Katelektrotonus.

a. Ableitung von Querschnitt und Längsschnitt.

In den nachfolgenden Versuchen haben wir unsere Aufmerksamkeit auf zweierlei elektromotorische Veränderungen zu richten. Die eine tritt nur ein in den Momenten der Schliessung oder Oeffnung eines constanten Stromes, die andere während der Dauer desselben. Leiten wir unterbrochene constante Ströme in kathodischer Richtung durch den Nerven, so beobachten wir nach den Untersuchungen du Bois-Reymond's eine starke Aenderung des Nervenstromes in negativem Sinne, welche sich aus der negativen Schwankung und dem katelektrotonischen Strome zusammensetzt. Es kann nach unseren bisherigen Kenntnissen keinem Zweifel unterliegen, dass die negative Schwankung in diesem Falle mit derjenigen Reizwelle verknüpft ist, welche beim Schliessen der Ströme an der Kathode ausgelöst wird und sich nach der abgeleiteten Stelle hin fortpflanzt. Es wird nun unsere Aufgabe sein, mit Hülfe des Rheotoms das Eintreffen dieser Reizwelle zu beobachten und zu untersuchen, in welcher Beziehung sie zu dem elektrotonischen Strome steht, der sich während der Stromesdauer entwickelt. Endlich werden wir auch zu untersuchen haben, welche Aenderung durch die Oeffnung des Stromes herbeigeführt wird, die ja auch mit einer von der Anode ausgehenden Reizwelle verknüpft ist.

Es liess sich erwarten, dass die Veränderungen des Nervenstromes nicht in demselben Moment sichtbar sein werden, in welchem die Schliessung des kathodischen Stromes eintritt. Dies ist nach meinen früheren Untersuchungen von der negativen Schwankung mit Bestimmtheit anzunehmen, und es fragt sich nur, wie sich der katelektrotonische Strom in dieser Beziehung verhalten wird. Denken wir uns, dass der elektrotonische Strom

in dem Momente der Schliessung des polarisirenden Kettenstromes in seiner vollen Höhe vorhanden wäre, so müsste von diesem Momente ab die Ablenkung am Galvanometer beginnen und in dem Maasse stetig wachsen, als wir den Schieber des Rheotoms vom Nullpunkte an vorschieben bis zu derjenigen Stellung, bei welcher die Schliessung des polarisirenden Stromes mit der des Nervenkreises zusammenfällt. Die Versuche ergeben aber mit Deutlichkeit, dass dies keineswegs der Fall ist, sondern dass nach dem Schluss des polarisirenden Stromes eine gewisse gut messbare Zeit vergeht, bis überhaupt Anschläge am Galvanometer eintreten. Die Vorgänge, welche man in diesem Falle beobachtet, lassen sich in folgender Weise darstellen (s. Versuchsreihe I und die zugehörigen Figuren Taf. IX).

Man beobachtet in solchen Versuchen, dass jedesmal eine ziemlich starke negative Schwankung dem katelektrotonischen Strome vorangeht. Ihr Ende ist häufig von dem merklichen Anfang dieses Stromes getrennt und ihr Maximum kehrt den abgeleiteten Strom meist um, wird also absolut negativ. Der katelektrotonische Strom wächst langsam an, reicht über die Dauer des polarisirenden etwas hinaus und sinkt erst schnell dann langsamer auf Null.

Die Fig. 3 giebt ein Bild dieses Vorganges für den Fall, dass der polarisirende Strom nicht zu stark ist und die Ableitung nicht zu nahe demselben stattfindet. Es sei SO die Abscisse der Zeit, S der Moment der Schliessung, O der Oeffnung des polarisirenden Stromes, Sy sei die Höhe des ruhenden Nervenstromes; so stellt ngs die Curve der Schwankung dar, welche unter die Abscisse herabsinken kann. In einem späteren Momente K wird erst der katelektrotonische Strom merkbar, steigt in einer meist convex nach unten gerichteten Curve an, überdauert die Oeffnung etwa bis zum Punkte t und sinkt dann bis e wieder ab in einer meist nach oben convexen Curve, die einer logarithmischen ähnlich sieht.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die negative Schwankung, welche beim Schliessen eintritt, der Ausdruck derjenigen starken Erregungswelle ist, welche die Schliessungszuckung des absteigenden Stromes hervorruft. Ich möchte sie deshalb die „kathodische Schliessungswelle“ nennen. Dass beim Oeffnen des kathodischen Stromes eine solche nicht vorhanden ist, erklärt sich aus den bekannten Ursachen des Zuckungsgesetzes, da die aus der Anode entstehende Erregungswelle sich über die Kathode nicht fortpflanzen kann. Es fragt sich aber, ob sie bei mittelstarken polarisirenden Strömen nicht ebenso wie die Oeffnungszuckung zum Vorschein kommen müsste. Hiervon habe ich indessen nichts wahrnehmen können. Vielleicht liegt diese Schwankung in dem absinkenden Katelektrotonus verborgen und bewirkt nur eine Verlängerung des Stromes. Doch

sind meine Beobachtungen nicht zahlreich genug, um hierüber etwas Genaues angeben zu können.

Der Verlauf der kathodischen Schliessungswelle ist im Allgemeinen ebenso wie der der negativen Schwankungswelle überhaupt bei Reizung mit Inductionsströmen. Auch die Geschwindigkeiten derselben reichen an diejenigen heran, welche ich früher unter ähnlichen Bedingungen gefunden hatte.[1] Dieselben sind natürlich kleiner als die, welche man findet, wenn man zwei differente Stellen der Nerven reizt, weil man die Anfänge der Anschläge nicht mit genügender Genauigkeit feststellen kann (s. Tabelle I unter *Gs* S. 207). Es liegt also kein Grund vor, für die Fortpflanzung der Schliessungswelle eine geringere Geschwindigkeit anzunehmen als für die Erregungswelle überhaupt. Zwar wollte v. Bezold[2] gefunden haben, dass auch im Katelektrotonus die Erregung sich langsamer fortpflanze, aber da der Katelektrotonus sich jedenfalls nicht schneller ausbreitet als die Erregung selbst, so ist eine etwaige Verzögerung durch diesen hier nicht zu erwarten. Ausserdem giebt v. Bezold an, dass bei Schliessung schwacher absteigender Kettenströme die Latenz eine grössere sei als beim Oeffnungsinductionsschlag und schliesst daraus, dass die Erregung an der Kathode in diesem Falle nicht sofort im Momente der Schliessung eintrete. Doch da eine solche Differenz nur bei den schwächsten Strömen vorhanden ist und bei stärkeren verschwindet, so erklärt sie sich wohl einfacher aus einer langsameren Fortpflanzung schwacher Erregungen. In unseren Versuchen gehörten nach v. Bezold die Kettenströme meist zu den starken (II. und III. Stufe des Pflüger'schen Zuckungsgesetzes).

Der Ablauf der Schwankung könnte hingegen durch den entstehenden Katelektrotonus eine Aenderung erfahren und in der That hat es den Anschein, als ob die Dauer der Schwankung eine verzögerte wäre. Dies lässt sich aber in vielen Fällen darauf zurückführen, dass das Ende der Schwankung in den Anfang des Katelektrotonus hineinfällt, so dass es von diesem nicht immer gesondert werden kann. Nur wenn die Entfernung der abgeleiteten Stelle eine grössere und der polarisirende Strom nicht zu stark ist, und wenn die Schliessungszeit des Nervenkreises eine genügend kurze ist, bleibt zwischen der Schwankung und Katelektrotonus ein Zeitraum ohne merkliche Ablenkung (Vers. I, 1, 5, 8, 11 a) b), 12). Aber auch in diesen Fällen erhalten wir für die Dauer der Schwankung meist Werthe, welche bis zu $\frac{12-16}{10000}''$ reichen (s. Tabelle I unter ϑ), während ich in den älteren Versuchen bei momentaner Inductionsreizung nur $\frac{6-8}{10000}''$ gefunden

[1] *Untersuchungen.* S. 23.

[2] *Untersuchungen über elektrische Erregung der Nerven und Muskeln.* Leipzig 1861.

hatte. Nur ein Versuch (11 b) ergab denselben Werth. Der Unterschied kann daher rühren, dass die Ablenkungen im Ganzen hier viel grösser ausfielen als in den älteren Versuchen, daher Anfang und Ende, und namentlich letzteres, welches allmählich abläuft, länger zur Beobachtung kommt.[1] Indessen kann man auch daran denken, dass die kathodische Schliessungswelle bereits während ihrer Dauer von denjenigen Vorgängen beeinflusst wird, welche durch den entstehenden Katelektrotonus bedingt sind. Inwiefern dies anzunehmen ist, müssen wir an einer späteren Stelle nochmals in Erwägung ziehen.

Die Höhe der kathodischen Schliessungswelle ist, wie die Versuche lehren, eine verhältnissmässig beträchtliche, so dass in fast allen Versuchen die Ablenkungen absolut negative werden. Dies kann nicht von dem entstehenden Katelektrotonus direct herrühren, denn dieser entwickelt sich, wie wir sehen, sehr viel langsamer und steigt innerhalb der Beobachtungszeit niemals zu der Höhe der Schliessungswelle an. Ich kann ihre Grösse freilich nicht unmittelbar mit der Grösse der Schwankungen vergleichen, welche ich in den älteren Versuchen mit Inductionsreizen erhalten habe, denn mein jetziges Galvanometer[2] ist entschieden empfindlicher als das frühere, doch will es mir scheinen als ob sich die kathodischen Schliessungswellen ganz besonders durch Grösse auszeichnen. Dies müsste durch besondere Versuche festgestellt werden. Wenn es sich aber so verhält, so würde es ebenfalls darauf hinweisen, dass die Entstehung der Erregungswelle an der Kathode und die Entwickelung des Katelektrotonus daselbst in einer Beziehung zu einander stehen. Auf diesen schon angedeuteten Punkt werden wir ebenfalls später eingehen müssen.

Das Erscheinen des katelektrotonischen Stromes an der abgeleiteten Stelle des Nerven ist keineswegs momentan. Er bildet sich sehr viel langsamer als die Schliessungswelle, welche ihm gleichsam voraus eilt. Nichtsdestoweniger müssen wir voraussetzen, dass er im Momente der Schliessung an der Kathode anhebt ebenso wie die Erregungswelle, dass er sich aber langsamer fortpflanzt als diese. Es liegt durchaus kein Grund vor, anzunehmen, dass an der Kathode eine Latenz für die elektrotonische Veränderung bestehe, ebensowenig wie für die Erregung. Je näher daher die abgeleitete Stelle der polarisirten sich befindet, desto mehr fallen beide Vorgänge übereinander, und je weiter sie sich fortpflanzen, desto mehr sondern sie sich von einander, und während die Schliessungswelle hierbei nur

[1] Auch Hermann will bei Inductionsreizung längere Schwankungen gesehen haben.

[2] Ein Meissner-Meyerstein'sches mit astatischem Magnetpaar und astasirendem Magnet, beinahe aperiodisch, giebt für den Nervenstrom eine Ablenkung über die Scala hinaus.

wenig an Höhe verliert, nimmt der nachfolgende katelektrotonische Strom immer mehr an Stärke ab. Wir können daher den Ablauf der Vorgänge durch folgendes Diagramm (Fig. 4) darstellen. Auf der Zeitabscisse *t t* bedeutet die Curve *o o* den Verlauf des Vorganges, wenn wir unmittelbar an der Kathode abgeleitet hätten. Der vom Momente *o* ansteigende Katelektrotonus verdeckt die Schliessungswelle gänzlich. Die Curven 1, 2, 3 und 4 geben den Verlauf, wenn von entfernteren Stellen abgeleitet wird. An der Stelle 4 hat sich die Schliessungswelle vom Katelektrotonus deutlich abgetrennt.

Man könnte es nun versuchen, die Geschwindigkeit des Katelektrotonus aus solchen Versuchen zu bestimmen, in denen wie in Curve 4 eine deutliche Trennung stattgefunden hat. Es ist aber einleuchtend, dass diese Werthe zu klein ausfallen müssen, da der Katelektrotonus langsam ansteigt und bei der Fortpflanzung an Stärke bedeutend abnimmt. Diese berechneten Werthe unter G_k in der Tabelle I liegen daher zwischen 3·29 und 5·67 M. Ein höherer Werth 9·47 M. ist nach einer anderen Methode berechnet worden. Es wurde der Ablauf der Ströme bei grösserer und geringerer Entfernung der abgeleiteten Strecke beobachtet, und die Zeitdifferenz in dem Beginn des Elektrotonus berechnet. Dieser Versuch zeigt, dass man bei der Querschnittsableitung, bei der eine starke Schliessungswelle vorhanden ist, genaue Werthe für die Fortpflanzung des Katelektrotonus nicht erhalten kann. Indess lässt sich mit Bestimmtheit sagen, dass die Geschwindigkeit keine grössere sein kann, als die der Erregungswelle, ja dass sie offenbar eine geringere ist als diese. Eine absolute Bestimmung lässt sich freilich aus oben angegebenen Gründen nicht gut ausführen, doch erreicht sie wahrscheinlich im Mittel etwa 9 bis 10 M.

Tabelle I.

Versuchsreihe I. Nummer	G_s	ϑ	G_k
1	17·37 M.	0·0012″	4·57 M.
2	21·67	—	4·9
3	14·40	—	—
4	17·34	—	—
5	23·94	0·0015	4·35
7	—	—	3·34
8	—	0·0015	3·29
9	—	—	5·50
10	21·67	—	4·98
11	—	b) 0·0007	d) 9·47
12	25·2	0·0016	5·67
13	18·20	—	—

An einer späteren Stelle wollen wir weiter ausführen, inwiefern es anzunehmen ist, dass die Geschwindigkeit keine unter allen Bedingungen constante sein kann, dass sie höchst wahrscheinlich sich mit der Ausbreitung des Zustandes vermindert und auch von der Stärke des polarisirenden Stromes abhängt. Es kann also nicht darauf ankommen, einen absoluten Werth hierfür ausfindig zu machen, sondern es ist hauptsächlich von Interesse, den Vorgang einer zeitlichen Ausbreitung für den Elektrotonus überhaupt nachgewiesen zu haben, um hieraus Rückschlüsse auf dessen Natur machen zu können.

Das Ansteigen des Katelektrotonus geschieht ziemlich deutlich meist in einer Curve, welche anfangs schneller dann langsamer wächst. Ob er in der kurzen Zeit der Polarisation (in maximo $^1/_{80}{}''$) schon sein Maximum erreichte, lässt sich nicht mit Bestimmtheit sagen. In einigen Versuchen bleiben allerdings die Ausschläge nach einiger Zeit constant oder nehmen sogar ab, bevor noch die Oeffnung eintritt. Dies kann aber zum Theil daher rühren, dass durch Ermüdung des Nerven die Wirkungen schwächer werden. Um die Lage des Maximums festzustellen, welches du Bois-Reymond aus seinen Beobachtungen erschliesst, müsste man eine längere Polarisationsdauer anwenden. Auch wäre es erwünscht für diesen Fall, den Verlauf der ganzen Curve bei einmaliger Polarisation aufzunehmen, um Ermüdung zu vermeiden, und dies würde sich vielleicht am besten mit Hülfe des Capillarelektrometers ausführen lassen, wenn man dessen Ausschläge photographisch aufzeichnete.[1]

Dass sich aber die Curve einem Maximum nähert, ist aus den Beobachtungen deutlich zu ersehen. Ebenso deutlich ist es auch, dass der Katelektrotonus die Oeffnung des polarisirenden Stromes überdauert, ja es ist auch in einigen Fällen zu erkennen, dass er nach der Oeffnung noch eine kurze Zeit auf seiner Höhe bleibt, sogar manchmal noch steigt, bevor er absinkt. (Versuch 5, Fig. I. 5). Dies erklärt sich aus dem Vorgange der Fortpflanzung. Denn wenn die Polarisation aufhört, kann der Katelektrotonus nicht auf der ganzen Strecke momentan sinken, sondern an der entfernteren Stelle etwas später. Man könnte daran denken, dass durch eine negative Schwankung bei der Oeffnung der Katelektrotonus scheinbar verlängert würde. Aber dies ist bei starken kathodischen Strömen, bei denen die Oeffnungszuckung ausfällt, nicht anzunehmen.

Der absinkende Katelektrotonus nach der Oeffnung fällt in einer ziemlich schnell ablaufenden Curve, die sich allmählich der Abscisse anschliesst. Dieser Vorgang, welcher grosse Aehnlichkeit mit der Abgleichung von Polarisationsströmen besitzt, soll später im Zusammenhange mit den Vorgängen im Anelektrotonus und in der intrapolaren Strecke betrachtet werden.

---

[1] Burdon Sanderson, *Journal of physiology.* t. IV. p. 327.

Die länger andauernden Nachwirkungen, welche nach der Oeffnung von Fick und Hermann beobachtet worden sind, kommen in diesem Falle nicht zum Vorschein, da die Polarisation eine intermittirende ist.[1]

b. Ableitung von zwei Punkten des Längsschnittes.

Bei der Ableitung zweier symmetrischen Punkte des Längsschnittes pflegt man während der Inductionswirkung mit abwechselnd gerichteten Strömen keine Schwankung zu beobachten, wenn nicht elektrotonische Wirkungen auftreten. Dies ist nun nach unseren jetzigen Kenntnissen dadurch zu erklären, dass die Erregungswelle zwei entgegengesetzte Schwankungen hervorruft, die sich nahezu aufheben, indem jede innerhalb der Welle befindliche Stelle negativ gegen jede in Ruhe befindliche wird.[2] Leitet man daher bei geschlossenem Nervenkreise einen unterbrochenen constanten Strom hindurch, so wird man nur dessen elektrotonische Wirkungen zu sehen bekommen. Anders freilich muss sich die Sache bei der Rheotombeobachtung gestalten. Von der Kathode geht eine Erregungswelle aus, die erst eine negative, dann eine positive Phase der Schwankung erzeugt, und mit diesen beiden verbindet sich der entstehende Katelektrotonus. Ist nun die abgeleitete Strecke eine möglichst kurze, so sollte man erwarten, dass die beiden Phasen sich grössten Theils decken würden und der Katelektrotonus wieder zum Vorschein kommen müsste.

Die Versuche in dieser Richtung (s. Versuchsreihe II u. Fig. II. Tafel X) lehren nun, dass die letztere Bedingung leider nicht herzustellen ist. Man beobachtet immer selbst bei einer Ableitung von 3 bis 4 ^{mm} eine negative Phase der Schwankung, welche sich vom nachfolgenden Katelektrotonus sehr deutlich abhebt. Nur in einem Falle ist es mir gelungen (Versuch 3) auch die positive Phase wahrzunehmen. Diese scheint überhaupt geringer zu sein, als die negative, woraus hervorgehen würde, dass die kathodische Schliessungswelle mit der Fortpflanzung an Grösse abnehme, und wird ausserdem durch den beginnenden Katelektrotonus verdeckt. Daher gelingt es in diesem Falle noch viel weniger einen richtigen Werth für die Geschwindigkeit des Katelektronus zu erhalten, der hier noch kleiner auffällt, als in den vorangegangenen Versuchen.

Der Verlauf des Katelektrotonus ist in diesem Falle derselbe wie im vorhergehenden. Man sieht die Curve desselben erst schnell, dann langsamer ansteigen, auch die Oeffnung auf kurze Zeit überdauern, um dann schnell abzusinken und sich allmählich der Abscisse anzuschliessen.

---

[1] Hermann's *Handbuch*. Bd. II. Thl. 1. S. 161.

[2] Siehe Anhang. S. 207.

Der Anelektrotonus.

Die Durchleitung des anodischen polarisirenden Stromes hat einen anelektrotonischen Strom zur Folge, welcher sich zum abgeleiteten Nervenstrome vom Längsschnitt und Querschnitt addirt. Wir werden bei der Rheotombeobachtung daher zu erwarten haben, dass die Ausschläge in positiver Richtung wachsen, je weiter die Schliessungszeit des Nervenkreises in die Polarisationszeit hineinfällt, und auf diese Weise wird sich die Curve des ansteigenden Anelektrotonus ermitteln lassen. Zu beachten ist sodann, ob ausserdem dem Momente der Schliessung eine negative Schwankung folgt oder nicht. Wir wissen nun aus den Pflüger'schen Versuchen, dass der stärkere aufsteigende Strom deshalb keine Schliessungszuckung verursacht, weil die an der Kathode auftretende Erregungswelle nicht durch die Anode hindurchdringen kann. Es wird daher von besonderem Interesse sein, das Verhalten dieser Schliessungswelle in unseren Versuchen zu beobachten.

Man sieht nun in der That, dass in diesem Falle eine auffällige Verschiedenheit gegenüber der Schliessung eines kathodischen Stromes obwaltet. Während dieser eine mächtige Schliessungswelle voranschickt, sieht man dem Anelektrotonus nur geringe negative Ablenkungen vorangehen. Dieselben fehlen aber merkwürdiger Weise selbst bei einem Kettenstrom von 8 Daniell nicht ganz, woraus folgen würde, dass immerhin ein kleiner Theil der Erregungswelle durch die Anode durchschlüpft, der aber nicht gross genug ist, um Zuckung zu bewirken. (s. Versuchsreihe III und Fig. III. Taf. X).

Dieser kleinen negativen Schwankung (Fig. 3 *ng's*) folgen nun die mit der Zeit immer stärker werdenden positiven Ausschläge des Anelektrotonus. Dieselben erheben sich zu einer verhältnissmässig bedeutenden Grösse, und zwar in einer nach oben convexen zuerst schnell dann langsamer ansteigenden Curve (Fig. 3 *at'*), die in der kurzen Schliessungszeit ihr Maximum noch nicht erreicht, diese merklich überdauert und wie der Katelektrotonus in einer Curve *t'c* absinkt.

Das Anheben des Anelektrotonus findet also merkliche Zeit nach der Schliessung des polarisirenden Stromes statt. Man könnte daher schon hieraus auf eine Fortpflanzung des Vorganges schliessen, dagegen wird die Bestimmung des Werthes durch die, wenn auch geringe negative Schwankung etwas beeinträchtigt. Immerhin erhält man, wie die Tabelle II A) ergiebt, Werthe von etwa 9 M. Etwas genauer dürfte die Bestimmung ausfallen, wenn man in demselben Versuche zwei verschiedene Entfernungen der polarisirten Strecke wählt, und die Zeitdifferenz in dem Beginn des Anelektrotonus feststellt (A) 2) u. 4).

Tabelle II.

Tabelle für die Geschwindigkeit des Anelektrotonus.

A) Ableitung *lq*.

Nr.	*pl*	*lq*	G_a
1	15 mm	8 mm	8·938
5	13 „	—	9·389

Nr.	pl_1	pl_2	*lq*	G_a
2	5	17	8	35·64
4	13	4	—	9·36

B) Ableitung $l\lambda$.

Nr.	*pl*	$l\lambda$	G_a
5 a)	13	6	8·047
5 b)	9	6	7·945
6	15	6	7·150
	—	—	7·526
7	13	7	5·946
12	9	—	13·17

C) Ableitung $l\lambda$. Polarisation an einer entfernten Stelle pl_1 und näheren Stelle pl_2.

Nr.	pl_1	pl_2	$l\lambda$	G_a
2 c)	13	9	6	8·607
8	13	5	9	11·7
9	12	4·5	10	7·6
10	15	4	3	16·76
11	3	8	3·5	7·304
13	4	8	2	5·201

Am besten wird aber die Messung der Fortpflanzung ausgeführt werden, wenn man von zwei Punkten des Längsschnittes ableitet. (s. Versuchsreihe III u. Fig. III. Taf. X). In diesem Falle ist die negative Schwankung meist ganz geschwunden, nur in wenigen Fällen noch in Spuren erkennbar. Der

Anelektrotonus dagegen steigt hier in derselben Weise an, wie bei der Querschnittsableitung. In Tabelle II sind unter B) Werthe für die Geschwindigkeit des Anelektrotonus (G_a) angeführt, die nach dieser Methode berechnet sind und etwa zwischen 6 und 13 M. liegen. Unter C) sind solche Beobachtungen benutzt, bei denen die Polarisation an einer entfernteren und näheren Stelle stattfand. Sie ergeben im Allgemeinen etwas grössere Werthe, welche bis über 16 M. reichen.

Das Ergebniss der Untersuchung besteht also darin, dass der Process des Anelektrotonus sich von der polarisirten Stelle aus mit einer Geschwindigkeit ausbreitet, die im Allgemeinen kleiner ist als die der Erregung. Dass ihre Grenzen so unsichere sind, liegt wohl in der Natur des Vorganges selbst, in den wechselnden Zuständen der Nerven, namentlich in der verschiedenen Stärke des Processes, und zum Theil auch an der Beobachtungsmethode, dadurch dass die Erregungsschwankungen hierbei häufig störend einwirken. Nichtsdestoweniger dürfen wir die Folgerung als wahr betrachten, dass der Elektrotonus ein Zustand ist, welcher sich von der intrapolaren Strecke aus nicht momentan oder mit der Geschwindigkeit des elektrischen Stromes ausbreitet. Es ist aus diesem Grunde nicht möglich, ihn aus besonderen Widerstandsverhältnissen des lebenden Nerven zu erklären, durch welche Stromzweige des zugeleiteten Stromes hervorgebracht werden könnten, denn solche Strömungen müssten sich mit unmessbarer Geschwindigkeit einstellen. Es ist daran gedacht worden, dass solche Stromzweige entstehen könnten, wenn die Nervenfasern einen grossen Widerstand, die Hüllen dagegen einen sehr viel geringeren Widerstand darbieten würden. In diesem Falle könnten allerdings Stromzweige durch die Hüllen bis an die Querschnittsenden austreten. Doch abgesehen davon, dass diese hin- und zurücklaufen müssten, also auf der Seite des Nerven, wo die Elektroden angelegt sind, eine andere Richtung haben müssten als an der gegenüberliegenden, ist es auch höchst unwahrscheinlich, dass die Widerstände in einem durchweg imbibirten Gewebe so bedeutende Ungleichartigkeit besitzen sollten.[1]

Es bleibt mithin nur übrig den Elektrotonus als einen dem lebenden Nerven eigenthümlichen Polarisationszustand aufzufassen, welcher sich in der Nervenfaser von Querschnitt auf Querschnitt überträgt. Auf die Theorie einer solchen Auffassung, die schon von du Bois-Reymond ausgesprochen worden ist, will ich an dieser Stelle noch nicht eingehen, ebensowenig auf die Frage, in welcher Beziehung der Vorgang zu der gewöhnlichen physikalischen Polarisation steht. Dies soll erst geschehen, wenn das experimentelle Material so weit vervollständigt ist, um mit einiger Sicherheit eine Theorie aufbauen zu können.

---

[1] Aus ähnlichen Gründen ist diese früher von Grünhagen aufgestellte Theorie bereits von Hermann widerlegt worden. Vgl. Hermann's *Handbuch*. Bd. II. S. 181.

Das Ansteigen des anelektrotonischen Stromes in einer anfangs steil dann langsamer ansteigenden Curve ist namentlich bei stärkerer Entwickelung desselben deutlich erkennbar (s. Versuche u. Curve III. 1 und 2a). In Folge der Ermüdung sinkt zwar manchmal die Curve wieder etwas ab, bevor noch die Oeffnung des polarisirenden Stromes eingetreten ist, indessen ist aus anderen Fällen zu ermessen, dass während der kurzen Schliessungszeiten das Maximum des Anelektrotonus noch nicht eingetreten sein kann. Wir beobachten ja in unseren Versuchen nicht den Verlauf einer jeden einzelnen Stromescurve, sondern in aufeinanderfolgenden Messungen verschiedene Stellen dieser Curven, so dass durch Ermüdung die nachfolgenden Ausschläge kleiner erscheinen müssen. Eine einzelne Curve aufzunehmen, würde ebenfalls eine dankbare mit dem Capillarelektrometer auszuführende Aufgabe sein.

Das von du Bois-Reymond festgestellte erst nach längerer Zeit erreichte Maximum des Anelektrotonus kann also in unseren Versuchen nicht zur Ausbildung gelangen. Durch die Oeffnung des polarisirenden Stromes wird der Process plötzlich unterbrochen. Dagegen lässt sich auch hier wie beim Katelektrotonus constatiren, dass der Zustand des Nerven die Oeffnung ein wenig überdauert, bevor die Curve zu sinken beginnt (s. Versuchsreihe III. 1). Es geht daraus wiederum hervor, dass es einer Fortpflanzung vom Orte der Einwirkung bedarf, um elektrotonische Aenderungen hervorzubringen.

Auf die Oeffnung folgt dann das Absinken des Anelektrotonus in einer im Allgemeinen erst schnell dann langsamer abfallenden Curve, welche zur Abscisse convex gestaltet ist. Der Vorgang macht daher ebenso wie das Absinken des Katelektrotonus den Eindruck einer Depolarisation im Inneren des Nerven, die unter besonderen Bedingungen vor sich geht. Die letzten Reste dieses Stromes sind noch verhältnissmässig längere Zeit nach der Oeffnung zu erkennen bis zu etwa $^1/_{100}$ Sec. unter den Bedingungen unserer Versuche. Dass dieselben viel längere Zeit nach dauerndem Schluss des Nervenkreises gesehen werden können, ist aus älteren Versuchen bekannt. Doch handelt es sich hier um derartige Erscheinungen nicht weiter, ebenso wenig um die Nachwirkungen von längerer Dauer, wie sie von Fick und Hermann beobachtet worden sind,[1] und die darin bestehen, dass eine Umkehrung des elektromotorischen Verhaltens eintritt. Solche Nachwirkungen können bei der periodischen Durchströmung nicht zur Entwickelung gelangen.

Eine weitere Frage dagegen ist zu erörtern, nämlich: ob die Erregung, welche beim Oeffnen des Stromes an der Anode stattfindet, mit einer besonderen Schwankung des Nervenstromes verbunden ist. Bisher hatten

---

[1] Hermann's *Handbuch*. Bd. II. Thl. 1. S. 164.

wir in den angeführten Versuchen Nichts von einer solchen Schwankung wahrgenommen, vielmehr nur ein Absinken des Anelektrotonus auch bei Ableitung des Längsquerschnitt-Stromes. Indessen könnte in diesem absinkenden Strome immerhin eine Schwankung verborgen liegen, die deshalb nicht gesehen wird, weil während ihrer Dauer die positiven Werthe des Anelektrotonus noch zu gross sind. Nur ein schnelleres Sinken desselben könnte dadurch herbeigeführt werden, was auch manchmal der Fall zu sein schien.

Eine sichere Entscheidung in dieser Frage kann daher nur getroffen werden, wenn man den Elektrotonus so gering macht, dass die etwaigen Erregungswellen bei Weitem das Uebergewicht erhalten, und dies geschah am besten dadurch, dass die Polarisation in möglichst grosser Entfernung stattfand und auch die abgeleitete Strecke kleiner als sonst gewählt wurde. In solchen Versuchen (s. Versuchsreihe IV) ist mit grosser Bestimmtheit zu erkennen, dass nach stattgefundener Oeffnung rein negative Ausschläge eintreten, die von beträchtlicher Grösse sein können, und sich über einen geraumen Zeitabschnitt ausdehnen. In diesen Fällen überwiegt die negative Schwankung beim Schliessen sowohl als beim Oeffnen sehr häufig in dem Grade über den Anelektrotonus, dass auch bei dauerndem Schluss des Nervenkreises während der periodischen Reizung durch den polarisirenden anodischen Strom mit Hülfe des Rheotoms eine rein negative Ablenkung erfolgt. (Versuch 2, 3.)

Hiermit bestätigt sich, was nach den uns bekannten Vorgängen des Zuckungsgesetzes vorauszusehen war, dass nämlich beim Oeffnen des polarisirenden Stromes eine Erregungswelle entsteht, von der es nach unseren Kenntnissen nicht zweifelhaft sein kann, dass sie von der Anode ausgeht. Sie möge die „anodische Oeffnungswelle“ heissen.

Ebenso wie bei der kathodischen Schliessungswelle tritt auch hier die Frage auf, in welcher Beziehung das Absinken des Anelektrotonus zur Bildung der Erregungswelle stehe. Unmittelbar an der Anode gehen offenbar beide Vorgänge zu gleicher Zeit vor sich. In dem verschwindenden Anelektrotonus liegt die negative Schwankung der Erregungswelle hier vollständig verborgen und man kann sich daher des Eindruckes nicht erwehren, dass beide Vorgänge auch in einem ursächlichen Zusammenhange stehen möchten. Wir wollen uns aber zunächst darauf beschränken, das Thatsächliche der Erscheinung zu fixiren, und die Discussion derselben auf später verschieben.

Reizung des Nerven durch momentane constante Ströme. Ist die Schwankung eine absolut negative?

Von besonderem Interesse ist nun die Frage, wie sich die elektromotorischen Vorgänge im Nerven gestalten, wenn wir ihn durch momentane constante Ströme reizen, welche entweder in anodischer oder kathodischer Richtung fliessen. Im Princip wird sich die Sache nicht anders verhalten als bei der Reizung durch Inductionsströme und von diesen wissen wir, dass sie zwar auch elektrotonische Ströme hervorrufen, dass diese aber gegen die Erregungsschwankungen an Stärke und Ausbreitung zurücktreten. Dies ist bei dauerndem Schluss des Nervenkreises namentlich dann der Fall, wenn die Ströme abwechselnd gerichtet sind, obgleich auch hier bei kurzer Nervenstrecke der Anelektrotonus sich bemerkbar machen kann.

In den bisherigen Versuchen über den zeitlichen Verlauf der negativen Schwankung im Nerven hatte ich mich zweier sehr schnell auf einander folgender Inductionsströme bedient, um dadurch elektrotonische Ströme möglichst auszuschliessen. Jetzt erscheint es aber gerade von Bedeutung, die elektrotonischen Ströme selbst und ihr Verhalten gegen die negative Schwankung zu beobachten. Wollten wir dies mit Inductionsströmen ausführen, so müssten wir am Rheotom einen länger dauernden Schluss der primären Spirale des Inductionsapparates bei jeder Umdrehung herstellen, und noch eine Vorrichtung anbringen, um entweder den Oeffnungs- oder Schliessungsschlag abzublenden und nur einen von beiden einwirken zu lassen. Einfacher ist es daher, die Versuche mit einer constanten Kette anzustellen, und diese bietet noch den Vortheil, dass ihre Ströme nur so lange dauern als der Contact, während die Induction in Spiralen sich nicht unbeträchtlich verlängert.

Durch diese Versuche beabsichtigte ich ferner noch eine andere wesentliche Frage zu entscheiden. Ich hatte gefunden, dass bei der Reizung mit Inductionsströmen die Schwankung eine absolut negative werden kann. Indess hätte in diesem Falle immer noch daran gedacht werden können, dass die elektrotonischen Ströme sich nicht gänzlich aufgehoben hätten, und dass zur Zeit der Beobachtung der katelektrotonische Strom, welcher negative Phase des Nervenstromes verursacht, zum Vorschein gekommen wäre und sich zu der negativen Schwankung addirt hätte.

Eine Entscheidung hierüber kann natürlich durch den kathodischen Strom nicht herbeigeführt werden. Wir haben zwar beobachtet, dass sich die negative Schwankung beim Schliessen von dem nachfolgenden Katelektrotonus wohl sondern lässt, aber sehr häufig und namentlich bei starken Strömen fallen beide theilweise zeitlich zusammen. Aber auch wenn sie nicht zusammenfallen haben sie sich erst durch Fortpflanzung von einander

getrennt und sind an der Kathode zu gleicher Zeit entstanden. Aus diesem Grunde werden wir uns zu dem vorliegenden Zwecke des anodischen Stromes bedienen. Ist dieser Strom kurzdauernd, ähnlich dem Inductionsstrom, so werden wir voraussetzen können, dass die kathodische Schliessungswelle desselben sich auch über die Anode gut fortpflanzt, ohne wie dies bei längerem Schluss geschieht, mehr oder weniger gehemmt zu werden. Aber auch die anodische Oeffnungswelle[1] wird sich zu letzterer hinzugesellen. Wenn nun anelektrotonische Ströme sich bis zur Ableitungsstelle in diesem Falle fortpflanzen, so können sie nur eine positive Phase verursachen. Ist daher trotzdem die negative Schwankung in ihrem Maximum absolut negativ, so wird a fortiori bewiesen sein, dass dies nicht von elektrotonischen Wirkungen herrühren kann.

Die Schliessung des polarisirenden Stromes wurde durch den Contact zwischen einer Stahlspitze und einen auf dem Schieber festgeklemmten Draht bewirkt, ebenso wie in den älteren Versuchen die Schliessung einer primären Spirale stattfand. Der kurze Moment des Anschlagens ist auf eine Dauer von $^1/_{10000}$ bis $^1/_{20000}$ Secunden zu schätzen. Der Schluss des Nervenkreises dagegen geschah durch die zwei Quecksilber-Näpfchen, in welche die zwei Kupferspitzen zugleich eintauchten. Diese Zeit betrug meist 0·006 bis 0·009 einer Rheotomumdrehung.

Die angestellten Versuche (s. Versuchsreihe V) erwiesen nun mit grosser Deutlichkeit, dass auch bei der Reizung mit dem anodischen Strome die negative Schwankung einen absolut negativen Werth annimmt. Es wurde wie in den älteren Versuchen ohne Compensation erst gereizt und dann der Strom vom Nerven zum Galvanometer zugelassen. Es erfolgten Ausschläge nach der negativen Seite, die 3 bis 5 Scalentheile ausmachen konnten.

Ich betrachte es hierdurch als sicher erwiesen, dass bei der elektrischen Reizung die negative Schwankung des Nerven einen absolut negativen Werth annehmen kann. Hierdurch unterscheidet sich dieser Process in der Nervenfaser nicht unwesentlich von dem in der Muskelfaser, in welcher die negative Schwankung im Maximum nur bis zur Aufhebung des Ruhestromes wachsen kann. Es wäre aber im höchsten Grade voreilig, daraus schliessen zu wollen, dass bei irgend einer anderen Art der Reizung oder gar bei der physiologischen Reizung die Schwankung auch absolut negative Werthe annehme. Die schwachen Wirkungen, selbst der stärksten chemischen oder mechanischen Reize auf den Nervenstrom lassen eher das Gegentheil annehmen, und stärker als diese dürften wohl selbst die kräftigsten physiologischen Erregungen auch nicht sein.

[1] Ob diese bei sehr kurzdauernden Strömen überhaupt entsteht, müsste noch untersucht werden.

In einigen Fällen beobachtet man neben den negativen Schwankungen auch positive Ablenkungen des Anelektrotonus, so dass die Ausschläge zuweilen wechseln oder doppelsinnig werden (Versuch 6). Grössere positive Ablenkungen pflegten erst hinter den negativen zu erscheinen. Die Dauer der Schwankung scheint in diesen Fällen etwas verlängert und die Geschwindigkeit etwas verlangsamt zu sein.

Die Versuche, welche mit dem kathodischen Strome vorgenommen wurden, zeigten ziemlich beträchtliche negative Ausschläge, welche hauptsächlich als negative Schwankung zu betrachten sind und zum kleineren Theile von dem Katelektrotonus herrühren. Die Dauer der ganzen Schwankung erscheint daher hier nicht selten recht beträchtlich verlängert, dagegen scheinen die Geschwindigkeiten der Schwankung denen nicht nachzustehen, die man bei derselben Beobachtungsmethode mit abwechselnden Inductionsschlägen erhält.

Es folgt nebenher aus diesen Ergebnissen, dass es ein im Princip richtiges Verfahren war, den zeitlichen Verlauf der negativen Schwankung im Nerven mit Reizung durch zwei möglichst momentan auf einander folgende, abwechselnd gerichtete Inductionsschläge zu untersuchen. Denn in diesem Falle werden sich die elektrotonischen Wirkungen dieser Ströme auch zeitlich beinahe so decken, dass sie selbst in geringer Entfernung von den Elektroden mit dem Rheotom nicht mehr merklich hervortreten, während die negative Schwankung rein zurückbleibt. Diese Ueberlegung leitete mich bei der Construction des Rheotoms zu dem Gedanken, den Contact im primären Kreise durch Berührung zwischen einer Spitze des Rades und einem Draht herzustellen und den Ablauf der Ströme durch Entfernung der Eisenkerne aus der primären Spirale möglichst abzukürzen.[1]

Anhang über die Beobachtung der Reizwelle bei Ableitung zweier Längsschnittpunkte des Nerven.

Nachdem von mir nachgewiesen war, dass bei Ableitung zweier nahezu symmetrischer Längsschnittpunkte des Muskels eine Doppelschwankung auftritt,[2] wenn man ihn an einem Endpunkte reizt, musste man annehmen, dass sich der Nerv in dieser Beziehung ebenso verhalten würde. Indessen hatte ich damals in Anbetracht der schwierigen Beobachtung unterlassen,

[1] Hr. Hermann hat diesen Contact in einigen Versuchen durch eine Quecksilberrinne ersetzt. Jedermann weiss aber, wie schwierig es ist, eine sehr schmale Rinne mit reinem Hg zu füllen. Ist es dagegen unrein, so zieht es sehr bald Fäden, wenn die Spitze durchschlägt. Die beiden Schläge fallen selbstverständlich weiter auseinander und eine genaue Bestimmung des Reizmomentes ist unmöglich.

[2] *Untersuchungen* u. s. w. S. 60.

dies durch den Versuch zu bestätigen. Jetzt jedoch, seitdem uns die aperiodische Boussole eine grosse Sicherheit selbst in Wahrnehmung sehr kleiner Ablenkungen gewährt, schien mir die Ausführung des Versuches keine vergebliche zu sein.

Unterdessen sind bereits von L. Hermann[1] Versuche veröffentlicht worden, in denen er meist im stark abgekühlten Nerven die beiden Phasen der Schwankung beobachtet hat. In der zweiten Abhandlung ist als Beispiel auch ein Versuch im nicht abgekühlten Nerven angeführt, der dasselbe Resultat giebt, nur mit dem Unterschiede, dass durch die Abkühlung der Ablauf der Erregungswelle sehr verzögert wird. In diesen Versuchen hat sich Hermann eines Quecksilberschlusses für den Reizcontact bedient, und dadurch scheint mir die Dauer der Schwankungen beträchtlich verlängert zu sein; denn die zeitlich weiter auseinander liegenden Inductionsschläge müssen zwei auf einander folgende Erregungswellen geben. Eine genaue Bestimmung des Reizmomentes ist hierbei nicht möglich. Ob Hermann die Eisenkerne aus der primären Spirale entfernt hat, welche die Ströme verlängern, ist nicht ersichtlich. Er hat in diesen Versuchen sechs aufeinander gelegte Ischiadici benutzt, welche entweder auf einer Glasplatte oder auf dem Abkühlungskästchen lagen. Ich halte diese Lagerung, welche bei der Abkühlung nicht zu vermeiden war, nicht für zweckmässig, da es ausserordentlich schwer sein muss, hierbei Stromzweige zu vermeiden, auf die man in solchen Versuchen sehr achten muss. Hermann hat deshalb den Polwechsel der secundären Spirale jedes Mal vorgenommen, der nach meinen früheren Versuchen das beste Mittel zur Entscheidung ist, und ich glaube, dass die Unterschiede in den Ausschlägen bei beiden Stromrichtungen mehr von Stromzweigen als von elektrotonischen Wirkungen herrührten.

Wie vorsichtig man in dieser Beziehung sein muss, geht aus einer Erfahrung hervor, die ich bei dieser Gelegenheit mit einer Hartgummiplatte machte, welche den Boden einer feuchten Kammer bildete. Durch diese gingen die Klemmen für den Nervenstrom und den Ruhestrom hindurch, und bald merkte ich, dass die Inductionsströme zum Theil durch die Platte auf die Klemmen zur Boussole übergingen. Gegen constante Ströme isolirte die Platte vollständig. Man legt daher die Leitungen am besten durch Glasröhren hindurch, welche durch den Boden der feuchten Kammer gehen.

Unipolare Wirkungen kann man bekanntlich vermeiden, wenn man die untere Elektrode des Inductionsstromes mit der Erde verbindet.

Ich habe zu den folgenden Versuchen wie bisher nur die beiden zusammengelegten Ischiadici eines Frosches benutzt, die in der oben beschriebenen Weise frei ausgespannt wurden. Diese Anordnung halte ich in jeder Beziehung für die sicherste, da die Lagerung auf isolirenden Platten doch

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XVIII. S. 574; — Bd. XXIV. S. 246.

durch Beschlagen derselben in der feuchten Kammer zu Stromschleifen Veranlassung geben kann.

Die aperiodische Boussole[1] hat sich zur Wahrnehmung der Ausschläge als vollkommen ausreichend erwiesen, während Hermann zu Gunsten grösserer Ausschläge die Windungszahl vermehrte. Ich muss aber gestehen, dass mir die zwar kleinen aber absolut sicheren Ausschläge dieser Boussole eine hinreichende Sicherheit gewähren. Die Meyerstein'sche Boussole mit astatischem Magnetpaar, das man durch einen Hauy'schen Stab wenigstens nahezu aperiodisch machen kann, giebt etwas grössere Ablenkungen als die du Bois-Reymond'sche Boussole, aber sie werden wegen der Trägheit des Magnetpaares sehr langsam. Dagegen gewährt letztere eine viel grössere Schnelligkeit und Praecision der Ablenkungen, so dass über 0·1 Scalentheil gar kein Zweifel bestehen kann.

Da die Länge der Erregungswelle etwa 18^{mm} im Nerven besitzt, so muss die abgeleitete Strecke etwa diese Grösse haben, damit die Schwankungen möglichst wenig über einander fallen.

Man thut gut, den Nerven am centralen Ende zu reizen mit zwei möglichst nahen Elektroden und die ableitenden Elektroden in der Oberschenkelstrecke anzulegen, wo keine Nervenäste abgehen, demnach der Ruhestrom möglichst gering ist. Die umgekehrte Lagerung wäre nicht vortheilhaft, weil die nicht mitgereizten Aeste eine schwächende Nebenschliessung bilden würden.

Ferner darf man die Schliessungszeit des Rheotoms nicht zu gross wählen, weil sonst beide Schwankungen in dieselbe hineinfallen. Nennt man wie bisher den Moment, in welchem der Nervenkreis durch das Rheotom geöffnet wird, den Nullpunkt, so wird, wenn die Reizung in diesen Punkt fällt, keine Wirkung auftreten können, bewegt man aber den Reizcontact vorwärts, so wird zunächst eine Schwankung des ersten Längsschnittspunktes eintreten, welche in den Versuchen als negative bezeichnet ist, und bei weiterem Vorrücken des Reizcontactes wird diese Ablenkung durch Null hindurch in die entgegengesetzte übergehen, welche der Schwankung des zweiten Längsschnittspunktes angehört und in den Versuchen ein positives Vorzeichen erhalten hat. Man kann beide als die negativen Schwankungen derjenigen Nervenelemente betrachten, welche in den beiden Längsschnittspunkten liegen, wenn man sie vom Längs- und Querschnitt ableiten würde.[2]

Die in Versuchsreihe VI angeführten Versuche überzeugen davon, dass auf die negativen Ausschläge positive nachfolgen, was bei der Ablei-

---

[1] Zu diesen Versuchen habe ich eine von Plath bezogene Boussole neuester Construction benutzt.

[2] *Untersuchungen.* S. 65.

tung von einem reinen Querschnitt nicht eintritt. Die zweite Phase der Schwankung scheint nicht schwächer zu sein als die erste. Die Reizwelle läuft im Nerven also ungeschwächt ab, was man schon daraus entnehmen konnte, dass zwei symmetrische Punkte bei dauernder Schliessung des Kreises keine Schwankung geben.

Aus der Beobachtung beider Phasen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit berechnen zu wollen, ist wie auch Hermann angiebt, desshalb misslich, weil dieselben trotz grösserer Entfernung der abgeleiteten Punkte bei nicht sehr kurzer Contactdauer des Kreises doch merklich über einander fallen. Immerhin erhielt ich in einem Versuche (4) aus der Differenz der Maxima eine Geschwindigkeit von etwa 18^{m} in der Secunde.

Schliesslich noch einige Bemerkungen über die Veränderungen, welche bisher am Rheotom angebracht worden sind. Von du Bois-Reymond[1] sind die verkupferten Stahlspitzen, welche den Quecksilberschluss herstellten, durch Spitzen aus Kupferblech ersetzt worden. Ich hatte die verkupferten Stahlspitzen ursprünglich deshalb gewählt, weil ich fürchtete, dass Kupfer zu biegsam sei, vom Quecksilber zu schnell angegriffen werde und dasselbe bald zu sehr verunreinigen würde. Dadurch würden sich die Momente der Schliessung und Oeffnung schon innerhalb eines Versuches verändern können. Indessen gestehe ich gerne, dass die Befürchtung eine etwas übertriebene war, und dass die Kupferspitzen das Arbeiten sehr erleichtern. Bei den Versuchen am Muskel schadet es auch wenig, wenn sich die Spitzen stark amalgamiren und beim Rotiren etwas Quecksilber in kleinen Tröpfchen mitreissen, weil geringe Veränderungen der Schliessungszeit gegen die verhältnissmässig längere Dauer der Erregungsvorgänge nicht in Betracht kommen. Dagegen hat man bei den Versuchen am Nerven wohl darauf zu achten, dass durch Herausschleudern des Quecksilbers die Schliessungszeit, die man kürzer wählen muss, nicht merklich verkleinert wird. Die Spitzen dürfen nicht zu stark amalgamirt sein, müssen vor dem Versuch gut abgeputzt werden und dürfen in das möglichst reine Quecksilber nicht zu tief eintauchen. Es ist lediglich Sache der Uebung und Geschicklichkeit, diese Einstellung richtig zu treffen. Erwähnen möchte ich noch, dass ich dem Quecksilbergefäss, in welchem die Oeffnung stattfindet, an diesem Ende eine abgeschrägte Wand gebe, damit Quecksilberfäden, welche den Schluss verlängern könnten, nicht liegen bleiben.

In letzter Zeit hat Hermann[2] die Quecksilbergefässe mit Kupferbänken vertauscht, über welche Drahtbürsten mit Reibung streifen. Ich selbst habe schon früher Versuche mit amalgamirten Kupferplatten gemacht, welche durch schleifende Kupferdrähte berührt wurden und gefunden, dass dieselben

[1] *Gesammelte Abhdndlungen.* Bd. II. S. 453. — *Dies Archiv.* 1873. S. 581.

[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXVII. S. 289. — Bd. XXXI. S. 600.

für manche Zwecke brauchbar sind, dass aber der Moment der Oeffnung durch Amalgamfäden unsicher wird, wenn es auf grössere Genauigkeit ankommt. Der Contact zwischen reinen Kupferflächen bedarf aber einer stärkeren Reibung um sicher zu sein und um diese zu überwinden, muss man wieder einen stärkeren Motor zur Verfügung haben. Hermann bedient sich hierzu eines Wassermotors, und wenn dieser eine zuverlässig constante Geschwindigkeit hat, so lässt sich dagegen Nichts einwenden. Indessen hat die Regulirung des Wasserdruckes, wenn man für den Apparat nicht ein besonderes Reservoir hat, wohl noch ihre Schwierigkeiten. Ferner erscheint es mir fraglich, ob die Drahtbürsten nicht nach dem ersten Moment des Anschlagens wieder abprallen und ein Stück der Kupferbank überspringen. Jedenfalls wird es hier sehr genau auf die Elasticität und Einstellung dieser Bürsten ankommen. Das Quecksilberrheotom hat hingegen den Vortheil, dass es keine grosse Kraft zur Drehung erfordert und dass Verzögerungen durch Reibung nicht vorkommen. Ich möchte daher rathen, es zunächst beim Quecksilbercontact zu belassen, so lange man nicht über einen kräftigen und ganz zuverlässigen Motor verfügt. Von einer Erschütterung des Quecksilbers durch den Drahtcontact habe ich nie etwas gemerkt, vorausgesetzt, dass dieser Contact nach Vorschrift wie ein Uhrticken klingt und nicht unmässig stark erfolgt.

Ganz zu verwerfen scheint mir die Einrichtung an Hermann's Apparat, dass die Kupferbänke um die Peripherie gedreht werden müssen, während der Reizcontact stillsteht. Kein Mechaniker kann die Axe des Rades so genau einrichten, dass sie mit der Axe der Grundplatte absolut zusammenfällt. Daher werden bei der Drehung die Bürsten sich gegen die Bänke zuweilen etwas heben oder senken und die Contactzeit verändern. Jede geringe Verbiegung des Rades muss denselben Fehler bedingen. Aus diesem Grunde habe ich nicht, was Manchen einfacher erscheinen könnte, die Quecksilbergefässe auf dem Schieber beweglich angebracht, sondern den Reizcontact. Man bemerkt auch, dass man diesen Contact an verschiedenen Stellen mit der Schraube etwas anders einstellen muss, was keinen wesentlichen Fehler bedingen kann.

Schliesslich habe ich noch hinzuzufügen, dass eine Veränderung am Helmholtz'schen Motor die Arbeit wesentlich erleichtert. Ein grosser Uebelstand machte sich darin geltend, dass die beiden Quecksilber-Rinnen, in welchen der Stromwechsel stattfand, sich durch Quecksilberbrücken mit einander verbanden. Dieses wurde anfangs dadurch vermieden, dass eine Halbrinne von kleinerem und eine von grösserem Radius angebracht wurde, so dass das hinausgeworfene Quecksilber keine Verbindung herstellen konnte. Der Contact geschah aber auf jeder Seite durch zwei mit einander verbundene Spitzen, von denen die innere in die kleinere, die äussere in die grössere Rinne eintauchte.

Endlich hat Hr. Dr. Schönlein den Quecksilbercontact an dieser Stelle, wo er in der That entbehrlich ist, durch einen gewöhnlichen Schleifcontact ersetzt. Zwei schwache Metallfedern schleifen gegen zwei halbkreisförmige Platindrähte, die isolirt auf einer an der Axe sitzenden Hartgummihülse befestigt sind. Die Reibung kommt an dieser Stelle gar nicht in Betracht und der Contact ist ausreichend zuverlässig. Mit zwei Daniell für den festen und vier Daniell für den rotirenden Elektromagnet geht der Apparat lange Zeit mit tadelloser Regelmässigkeit.

Versuchsreihen.

Zeitlicher Verlauf des katelektrotonischen Stromes.

Versuchsreihe I.

Ableitung von Längsschnitt und Querschnitt.

1) $So = 0 \cdot 0000$ $SO = 0 \cdot 0580$
$oO = 0 \cdot 0620$ $so = 0 \cdot 0040$

4 Daniell. Kathodischer Strom.
Ableitung *lq*. *NStr.*[1] = + 3·5 (1 Nerv).

	Nr.	*Sch.*	*A.*	
a)	1	0·0000	0	$UF = 22 \cdot 5 = 13\, U$
	2	0·0020	0	$lg\ Ur = 0 \cdot 31203 - 1$
	3	0·0040	0	
	4	0·0050	– min.	
	5	0·0060	– 4	
	6	0·0080	– 9·5	
	7	0·0100	– 10	
	8	0·0120	– 3·3	
Pause.				
b)	1	0·0100	– 10	
	2	0·0120	– 3·3	
	3	0·0160	0	
	4	0·0260	– 3·3	
	5	0·0360	– 4	
	6	0·0460	– 3·3	
	7	0·0560	– 3·3	

$pc = 28$, $pp = 14$, $pl\,15$, $lq = 10$.

Anfang der negativen Schwankung $S_a = 0 \cdot 0045$, Geschwindigkeit der kathodischen Schliessungswelle $G_s = 17 \cdot 87$ M. Ende $S_c = 0 \cdot 0140$, $\vartheta = 0 \cdot 00123''$.

---

[1] Ablenkung durch den Nervenstrom bei rotirendem Rheotom.

Anfang des katelektrotonischen Stromes $K_a = 0 \cdot 0160$.
Geschwindigkeit des Katelektrotonus $G_k = 4 \cdot 57$ M.

2) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0060$
$sO = 0 \cdot 0470$ $SO = 0 \cdot 0410$

Ableitung *lq*. *NStr* = + 3 (1 Nerv).

Kathodischer Strom.

Nr.	Sch.	A.	
a) 1	0·0120	— 1·5	4 Dan. mit 5 cm Rheochord
b) 1	0·0020	0	4 Dan. mit 100 cm Rheoch.
2	0·0030	0	
3	0·0040	— 3·5	
4	0·0060	— 5	
5	0·0120	— 6	
6	0·0170	— 2·5	$UF = 35 = 13\ U$
7	0·0220	— 4·5	$lg\ Ur = 0 \cdot 12041 - 1$
8	0·0270	— 4·8	
9	0·0320	— 4·5	
c) 1	0·0080	— 5	$UF = 34 \cdot 5$
2	0·0100	— 2·5	
3	0·0120	— 2·5	
4	0·0140	0	
5	0·0160	— 1·5	
6	0·0180	— 2·3	
7	0·0220	— 3	
8	0·0270	— 3	

$pp = 6,\ pl = 10,\ lq = 7.$

$S_a = 0 \cdot 0035,$ $G_s = 21 \cdot 67$ M.
$K_a = 0 \cdot 015$ $G_k = 4 \cdot 9$ M.

3) $So = 0 \cdot 0000$
$sO = 0 \cdot 0680.$

4 Daniell. Kathodischer Strom.

Ableitung *lq*.

Nr.	Sch.	A.	
1	0·0040	0	$S_a = 0 \cdot 0045$
2	0·0050	— min.	
3	0·0060	— 2	$pl = 13$
4	0·0090	— 6	$lq = 13$
5	0·0140	— 6·5	$pp = 10$
6	0·0190	— 2	

$lg\ Ur = 0 \cdot 30248 - 1,\ G_s = 14 \cdot 40$ M.

4) $So = 0\cdot0000$ $so = 0\cdot0080$
$sO = 0\cdot0650$ $SO = 0\cdot0570$

4 Daniell. Kathodischer Strom.

Ableitung *lq*. *NStr.* = + 8.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0000	0	
2	0·0040	0	
3	0·0060	0	
4	0·0080	— 3	
5	0·0100	— 1·5(?)	
6	0·0120	— 14	
7	0·0160	— 9·5	
8	0·0200	— 8	
9	0·0240	— 0·5	
10	0·0280	— 1	
11	0·0320	— 0·5	Die Zeit *os* ist inconstant
12	0·0360	0 (?)	
13	0·0400	— 3	
14	0·0440	— 4	*os* wieder eingestellt durch Einfüllen von Hg.
15	0·0540	— 4·5	$os = 0\cdot008$
16	0·0650	— 1	$UF = 35 = 13\ U.$
			$lg\ Ur = 0\cdot12014-1$

$pl = 16,\ lq\ 10,\ pp = 7,\ pc = 20$

$S_a = 0\cdot0070.$

$G_s = 17\cdot34$ M.

5) $So = 0\cdot0000$ $so = 0\cdot0040$
$sO = 0\cdot0300$ $SO = 0\cdot0260$

4 Daniell. Kathodischer Strom.

Ableitung *lq*.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0000	0	
2	0·0050	— min.	S_a
3	0·0060	— 1	
4	0·0080	— 7	
5	0·0100	— 7·5	
6	0·0120	— 7	
7	0·0140	— 5	

Nr.	*Sch.*	*A.*	
8	0·0160	— 4·5	
9	0·0180	— 1·5	
10	0·0200	0	
11	0·0220	0	$—K_a$
12	0·0240	— min.	
13	0·0260	— 1·5	*oO* [1]
14	0·0280	— 2	
15	0·0300	— 2	*sO*
16	0·0350	— 3	
17	0·0400	— 1	
18	0·0220	0	*UF* = 34 = 13 *U.*
19	0·0350	— 1·5	*lg Ur* = 0·13273—1

pl = 13, *lq* = 10, *pp* = 10, *pc* = 20.

$S_{a_1} = 0·0050$ $G_{s_1} = 19·15$ M.

$S_{a_2} = 0·0040$ $G_{s_2} = 23·94$ M.

$K_a = 0·0220$ $G_k = 4·353$ M.

Dauer der negativen Schwankung $\vartheta = 0·001493''$.

6) *So* = 0·0000 *so* = 0·0110

sO = 0·0410 *SO* = 0·0300.

4 Daniell. Kathodischer Strom.

Ableitung *lq*. *NStr* + 14.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0000	0	
2	0·0070	0	$— S_a$
3	0·0120	— 13	
4	0·0170	— 16	
5	0·0220	— 11	
6	0·0270	— 6	K_a ?
7	0·0320	— 6	
8	0·0370	— 6	
9	0·0420	— 4·5	— *sO* = 0·0410
10	0·0470	— 2	
11	0·0520	0	

pp = 12, *pl* = 13, *lq* = 9.

UF = 40 = 13 *U.*

Das Ende der Schwankung und der Anfang des katelektrotonischen Stromes fallen übereinander.

[1] Stellung, bei welcher *o* und *O* zusammenfällt.

7) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0040$
$sO = 0 \cdot 0330$ $SO = 0 \cdot 0290$

4 Daniell. Kathodischer Strom.
Ableitung *lq*. $NStr = + 3 \cdot 5$

Nr.	Sch.	A.	
a) 1	0·0060	— 1·5	
2	0·0110	— 8	
3	0·0160	— 5	$UF = 31 = \frac{64}{5} U.$
4	0·0210	— 1	$lg Ur = 0 \cdot 17958 - 1$
5	0·0260	— min.	$-K_a$
6	0·0310	— 6·7	$-oO$
7	0·0360	— 3·5	$-sO$
8	0·0410	— 0·5	
b) 9	0·0360	— 1·7	
10	0·0310	— 4·5	
11	0·0260	— 1	
12	0·0210	— min.	$-K_a$
13	0·0160	— 6·5	$UF = 28$
14	0·0110	— 9·5	
15	0·0060	— 4·2	
16	0·0040	0	

$pp = 9$, $pl = 15$, $lq = 11$.
$K_a = 0 \cdot 0260 - 0 \cdot 0210$.
$UF = 31$, $K_a = 0 \cdot 0260$, $G_k = 3 \cdot 842$.

4 Daniell mit Rh. 2000.

Nr.	Sch.	A.	
c) 1	0·0020	— 3	$pp = 8$, $pl = 7$
2	0·0060	— 15.5	$lq = 11$
		Rh. 1000.	
3	0·0110	— 11.5	
4	0·0160	— 14·5	
5	0·0210	— 6	K_a ?
6	0·0260	— 6	
7	0·0310	— 9·5	$UF = 28.$
8	0·0410	— 4	

K_a fällt mit S_e über einander.
Nach Unterbindung zwischen *p* und *l* keine Ausschläge mehr.

8) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0020$ [1]
$sO = 0 \cdot 0460$ $SO = 0 \cdot 0440$

4 Daniell Rh·1000. Kathodischer Strom.
Ableitung *lq*. *N. Str.* = + 1.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0000	0	$pl = 9 \cdot 5$
2	0·0060	— 1	$lq = 9$
3	0·0110	— 1·5	$pp = 9$
4	0·0160	0	
5	0·0210	— min.	
6	0·0260	— min.	
7	0·0310	— 1	
8	0·0360	— 2·5	$UF = 30 = \frac{64}{5} U$
9	0·0410	— 2·5	$lg\,Ur = 0 \cdot 19382 - 1$
10	0·0360	— 2	
11	0·0310	— 1·5	
12	0·0260	— 2	
13	0·0210	— 2	
14	0·0160	0	$UF = 28$

$K_a = 0 \cdot 0185$ $G_k = 3 \cdot 286$ M.

9) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0065$
$sO = 0 \cdot 0500$ $SO = 0 \cdot 0435$

4 Daniell. Rh. 1000. Ableitung *lq*. *N. Str.* = + 15.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
a) 1	0·0000	0	
2	0·0020	0	
3	0·0040	0	
4	0·0060	— 3	$UF = 38 = \frac{61 \cdot 5}{5} U$
5	0·0080	— 9	
6	0·0120	— 15	$lg\,Ur = 0 \cdot 10846 - 1$
7	0·0170	— 12	
8	0·0220	— 15	
9	0·0270	— 23	
10	0·0320	— 29·5	
11	0·0370	— 33·5	
12	0·0420	— 24	

[1] $so \cdot Ur = 0 \cdot 00031''$

4 Daniell. Rh. 200. *N. Str.* = + 12.

Nr.	Sch.	A.	
b) 1	0·0060	— 2	
2	0·0120	— 11·5	
3	0·0170	— 7	
4	0·0220	— 7·3	
5	0·0270	— 9·5	

4 Daniell. Rh. 50.

Nr.	Sch.	A.	
c) 1	0·0060	— min.	$pp = 10$
2	0·0120	— 5	$pl = 12$
3	0·0170	— 1·5	$lq = 10$
4	0·0220	— 1·5	
5	0·0270	— 3	

$S_a = 0·0050$ $G = 18·70$ M.
$K_a = 0·0170$ $G_k = 5·499$ M.

10) $So = 0·0000$ $so = 0·0060$
$sO = 0·0470$ $SO = 0·0410$

Kathodischer Strom. Ableitung *lq*. *N. Str.* = + 3.

Nr.	Sch.	A.	
a) 1	0·0120	— 1·5	4 Daniell. Rh. 50
2	0·0120	— 6	4 Daniell. Rh. 1000
3	0·0060	— 5	
4	0·0040	— 3·5	
5	0·0030	0	
6	0·0020	0	$UF = 35$
b) 1	0·0170	— 2.5	
2	0·0220	— 4·5	
3	0·0270	— 4·5	
4	0·0320	— 4·5	
c) 1	0·0080	— 5	
2	0·0100	— 2·5	
3	0·0120	— 2·5	
4	0·0140	0	
5	0·0160	— 1·5	

Nr.	Sch.	A.	
6	0·0180	— 2·3	
7	0·0220	— 3	
8	0·0270	— 3	$UF = 34{\cdot}5 = 13\ U.$
9	0·0140	0	

$pp = 6$ $pl = 10$ $lq = 7$

$S_a = 0{\cdot}0035$ $G_s = 21{\cdot}67$ M.

$K_a = 0.0150$ $G_k = 4{\cdot}983$ M.

11) $So = 0{\cdot}0000$ $so = 0{\cdot}0060$

Kathodischer Strom. 4 Daniell.

Ableitung *lq*. *N. Str.* = + 4.

	Nr.	Sch.	A.	
a)	1	0·0060	0 S_a	$pl = 16$
	2	0·0070	— 2	$lq = 7 — 10$
	3	0·0080	— 2	
	4	0·0130	— 2·5	
	5	0·0180	— 0·5	$UF = 28 = 13\ U$
	6	0·0230	— min. K_a	$lg\ Ur = 0{\cdot}21705 — 1$
	7	0·0380	— 1	
b)	1	0·0030	0 S_a	$pl = 10$
	2	0·0040	— 0·5	
	3	0·0060	— 1	
	4	0·0080	— 2	
	5	0·0100	— 1·5	
	6	0·0120	— 1	
	7	0·0140	— min.	
	8	0·0150	0	
	9	0·0160	0	
	10	0·0180	0	
	11	0·0200	0 K_a	
	12	0·0220	— 0·5	
	13	0·0240	— 1·5	
	14	0·0260	— 1	
	15	0·0330	— 1·5	
c)	1	0·0020	0 S_a	$pl = 4{\cdot}5$
	2	0·0030	— 0·5	$pp = 7$
	3	0·0040	— 1·5	
	4	0·0080	— 5·5	

Nr.	Sch.	A.	
5	0·0080	— 5·5	4 D. Rh. 1000
6	0·0130	— 1·5	
7	0·0160	— 0·5 K_a	
8	0·0180	— 1	
9	0·0200	— 2	$UF = 26$

a) $K_a = 0·0230$
c) $K_a = 0·0169$

Differenz $= 0·0070$ für $11·5^{mm}$ Nervenlänge.
$G_k = 9·47$ M.

12) $So = 0·0000$

Kathodischer Strom. 4 Daniell.

Ableitung *lq*. $NStr = + 9·5$.

Nr.	Sch.	A.	
1	0·0045	0	$pp = 8$
2	0·0055	0	$pl = 18$
3	0·0065	— 1	S_a
4	0·0075	— 2	$UF = 38·5 = 13\ U$
5	0·0085	— 4	$lg\ Ur = 0·07875—1$
6	0·0115	— 6·5	$G_s = 25·2$ M.
7	0·0165	— 6	$G_k = 5·677$ M.
8	0·0185	— 3·5	
9	0·0205	— 3·5	
10	0·0215	— 1·5	
11	0·0225	— 1	
12	0·0245	— min.	
13	0·0265	0	K_a
14	0·0285	— min.	
15	0·0305	— 0·5	
16	0·0325	— 0·75	
17	0·0365	— 0·5	
18	0·0415	— 0·5	

13) $So = 0·0000$ $so = 0·0105$
$sO = 0·0540$ $SO = 0·0435$

Kathodischer Strom. 4 Daniell.

Ableitung *lq*. $N\,Str = + 11$.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0000	0	*UF* = 34 = 13 *U.*
2	0·0020	0	*pp* = 8
3	0·0040	— 1	*pl* = 7
4	0·0060	— 6·5	*lq* = 9
5	0·0110	— 25·5	*lg Ur* = 0·10791—1
6	0·0160	— 18·5	S_a = 0·0030
7	0·0210	— 13·5	G_s = 18·20 M.
8	0·0260	— 17	Minimum bei 0·0210
9	0·0310	— 18	
10	0·0410	— 20·5	
11	0·0210	— 14·5	
12	0·0110	— 20·5	

14) *So* = 0·0000 *so* = 0·0120

sO = 0·0520 *SO* = 0·0400

Kathodischer Strom. 4 Daniell.

Ableitung *lq*. *NStr.* = + 16.5

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0040	0	*UF*=29=13 *U,*
2	0·0060	— 2	*pl* = 12, *lq* 12, *pp* 8.
3	0·0160	— 13	? S_a = 0·0045,
4	0·0210	— 6	*G* = 16·756 M.
5	0·0260	— 6	Minimum zwischen
6	0·0310	— 9	0·0210—0·0260.
7	0·0360	— 9	
8	0·0410	— 9·5	
9	0·0160	— 10·5	
10	0·0260	— 7	

Versuchsreihe II.

Ableitung von zwei Punkten des Längsschnittes.

1) *So* = 0·0000 *so* = 0·0050

sO = 0·0560 *SO* = 0·0510

Kathodischer Strom.

Ableitung *ll* (von zwei Punkten des Längsschnittes). *NStr.* = 0.

A)

	Nr.	*Sch*	*A.*	
a)	1	0·0000	0	4 Daniell.
	2	0·0050	— 22	

	Nr.	Sch.	A.	
b)	1	0·0020	0	4 Daniell Rh. 2000
	2	0·0030	— 3	
	3	0·0040	— 13	
	4	0·0050	— 12	
	5	0·0060	— 19	
	6	0·0080	— 2	
	7	0·0090	0	
	8	0·0140	0	
c)	1	0·0140	0	4 Daniell.
	2	0·0170	— min.	
	3	0·0270	— 4	
	4	0·0370	— 3	
d)	1	0·0060	— 11	

$pp = 11$, $pl = 10$, $l\lambda = 12$, $(\lambda q = 12)$, $UF = 23$, $= 13$ U.

$S_a = 0 \cdot 0020$ $\qquad G = 24 \cdot 92$

Der Anfang des Katelektrotonus ist hier wahrscheinlich durch die + Schwankung verdeckt. Nimmt man den Anfang des Katelektrotonus von 0·0090 bis 0·0170, so würde die Geschwindigkeit 5·537 bis 2·9 31 M. sein

B) $l\lambda = 3^{\text{mm}}$.

Nr.	Sch.	A.	
1	0·0030	0	
2	0·0040	— 7	
3	0·0060	— 8·5	
4	0·0080	0	
5	0·0170	0	
6	0·0270	— 3	

Selbst bei so kleiner intrapolarer Strecke macht sich die negative Phase der Schwankung zuerst geltend. Positive Phase ist nicht bemerkbar. Der Katelektrotonus kommt erst nach 0·0170 zum Vorschein.

2) $So = 0 \cdot 0000$ $\qquad so = 0 \cdot 0050$

$sO = 0 \cdot 0570$ $\qquad SO = 0 \cdot 0520$

Kathodischer Strom. 4 Daniell.

Ableitung $l\lambda$, $NStr. = 0$.

$pl = 16$, $l\lambda = 4$, $pp = 10$ $(\lambda q + 16$, $pc = 12)$.

Nr.	Sch.	A.	
1	0·0020	0	$S_a = 0·0025$
2	0·0030	— 1	$G = 31·89$ M.
3	0·0040	— 3·5	$UF = 23 = 13\ U$
4	0·0090	— 6·5	
5	0·0140	0	
6	0·0190	— 1	
7	0·0240	— 4·5	
8	0·0340	— 3·5	
9	0·0540	— 4·5	
10	0·0570	— 2·5	
11	0·0640	— min.	

Positive Phase der Schwankung nicht sichtbar, K_a zu 0·0140 angenommen.

$G_k = 5·695$ M.

Entwickelungszeit des Katelektrotonus bis zu annähernd constanter Höhe

$E_k = Ur\ (0·024—0·014) = 0·010.\quad Ur = 0·002007''.$

Ende des Katelektrotonus $K_e = 0·064$ M.

Ganze Nachdauer des Katelektrotonus

$N_k = (K_e - sO).\ Ur = 0.008.\quad Ur = 0·001605''.$

Da $Oo = 0.052$ ist und bei 0·054 die Ablenkung noch nicht abgenommen, so bleibt der Katelektrotonus noch mindestens 0·0020. $Ur'' =$ 0·0004012″ auf constanter Höhe, nachdem der Kettenstrom geöffnet ist.

3) $So = 0·0000$ $so = 0·0050$

$sO = 0·0760$ $SO = 0·0710$

Kathodischer Strom. 4 Daniell.

Ableitung $l\lambda$. $NStr. = 0.$

$pp = 8,\ pl = 12,\ l\lambda = 5\ (\lambda q = 20).$

Nr.	Sch.	A.	
a) 1	0·0000	0	
2	0·0030	0	
3	0·0060	0	
4	0·0080	0	
12	0·0210	— 2	
5	0·0090	0	
6	0·0100	— 5	
7	0·0110	— 2	
7	0·0110	— 1	
8	0·0130	0	

	Nr.	*Sch.*	*A.*	
	9	0·0150	+ 1	
	10	0·0170	+ 1·5	
	11	0·0190	— min.	
	12	0·0210	— 0·5	
	13	0·0260	— 2	

$pp = 8$, $pl = 12$, $l\lambda = 15$.

	Nr.	*Sch.*	*A.*	
b)	1	0·0260	— min.	
	2	0·0210	+ 2	
	3	0·0190	+ 3·5	

a) $S_a = 0\cdot0095$, $G = 6\cdot294$ M. ? Sehr kleiner Werth.
$+ S_a = 0\cdot0130$, K_a verdeckt durch $+ S$ scheinbar bei 0·0190.
b) $+ S$ stärker und länger. K_a scheinbar erst bei 0·0260.

Versuchsreihe III.

Zeitlicher Verlauf des anelektrotonischen Stromes.

1) $So = 0\cdot0000$ $so = 0\cdot0090$
$sO = 0\cdot0630$ $SO = 0\cdot0540$

4 Daniell. Anodischer Strom. *N. Str.* = + 12.

	Nr.	*Sch.*	*A.*	
a)	1	0·0000(?)	— 4	
	2	0·0060	0	
	3	0·0110	+ 7	
	4	0·0160	+ 14	
	5	0·0260	+ 19	
	6	0·0560	+ 28	$Oo = 0\cdot0540$
	7	0·0630	+ 20	sO
	8	0·0710	+ 3	
	9	0·0760	+ 2	
	10	0·0810	+ 3	
	11	0·0960	0	
b)	12	(?)0·0000	— 2	
	13	0·0040	— 4·5	$UF = 22$
	14	0·0080	0	
	15	0·0100	0	$U = 13$
	16	0·0110	+ 2·5	$lg\,Ur = 0\cdot52179 - 1$

$pl = 15$, $lq = 8$, $pp = 12$, $pc = 24$.

Der Anfang der negativen Schwankung (—) beim Schliessen des anodischen Stromes AS_a liegt hier scheinbar im Nullpunkt, wahrscheinlich wegen nicht hinreichend genauer Bestimmung des Nullpunktes und zu geringer Geschwindigkeit des Rheotoms. Der Anfang des anelektrotonischen Stromes (+) $An_a = 0 \cdot 0080$. Derselbe deckt sich möglicher Weise mit dem Ende der negativen Schwankung. Rechnet man für den An die Fortpflanzung von p nach l, so erhält man eine Geschwindigkeit $G_a = 8 \cdot 938$ M.

2) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0060$ *Ur*
$sO = 0 \cdot 0465$ $SO = 0 \cdot 0405$

Anodischer Strom. Ableitung lq.

Nr.		*Sch.*	*A.*	
a)	1	0·0005	— 3·5	8 Daniell.
	2	0·0005	— 4·5	$pp = 9$, $pl = 5$, $lq = 8$.
	3	0·0015	+ min.	
	4	0·0025	+ 0·5	
	5	0·0045	+ 29	
	6	0·0125	+ 70	
	7	0·0225	+ 73	
	8	0·0325	+ 71	
	9	0·0465	+ 41	sO
	10	0·0525	+ 18	
	11	0·0585	+ 7·5	
	12	0·0645	+ 5	
	13	0·0825	+ 1	
b)	1	0·0025	— 3·5	$pp = 8$
	2	0·0035	+ 1	$pl = 17$
	3	0·0055	+ 1·5	
	4	0·0075	+ 2	
	5	0·0225	+ 5·5	
c)				600 Siem. zum Galvan.
	1	0·0015	+ 0·5	$pl = 5$
	2	0·0025	+ 0·5	
	3	0·0225	+ 5	

$$An_1 = 0 \cdot 0010$$
$$An_2 = 0 \cdot 0030 \qquad pl_2 - pl_1 = 12.$$
$$An_1 - An_2 = 0 \cdot 0020 \qquad G_a = 35 \cdot 64 \text{ M.}$$

3) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0060$ *Ur*
$sO = 0 \cdot 0490$ $SO = 0 \cdot 0430$
Anodischer Strom. Ableitung *lq*.

	Nr.	*Sch.*	*A.*	
a)	1	0·0390	+ 4	
	2	0·0490	+	sO
	3	0·0550	+ 3·2	
	4	0·0600	+ min.	$pp = 10$, $pl = 13$, $lq = 8$.
	5	0·0650	0	
b)	1	0·0550	+ 1	$pl = 25$
	2	0·0600	0	
		ohne Rh.	—	

4) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0060$ *Ur*
Anodischer Strom. Ableitung *lq*. *N. Str.* = + 22.

	Nr.	*Sch.*	*A.*	
a)	1	0·0035	— 5	8 Daniell
	2	0·0075	— 1	
	3	0·0105	+ min.	$pp = 8$, $pl = 13$, $lq = 9$
	4	0·0115	+ 4	
	5	0·0155	+ 11	
b)	1	0·0035	— 1	2500 Siem. Nebenschl.
	2	0·0045	— 3·5	zum Galvanometer.
	3	0·0055	+ 3	
	4	0·0105	+ 7·7	$pp = 9$, $pl = 4$.
	5	0·0155	+ 9·7	$UF = 26 = 13 \cdot 2\ U$.

$An_1 - A_2 = 0 \cdot 0055$. $pl_1 - pl_2 = 9$. $G_a = 9 \cdot 360$.

5) $So = 0 \cdot 0000$ $Os = 0 \cdot 0610$
N. Str. = + 11
= + 9 (später).
4 Daniell. Anodischer Strom.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0260	+ 2·5	
2	0·0160	+ 2	
3	0·0160	+ 2	

Nr.	Sch.	A.	
4	0·0110	+ 1·5	
5	0·0090	+ 1	
6	0·0070	+ min.	
7	0·0050	— 3	

$pl = 13^{\text{mm}}$. $lq = 11$. $An_a = 0 \cdot 0060$
$lg\ Ur = 0 \cdot 36318 - 1$ $G_a = 9 \cdot 389$ M.

Ableitung von zwei Punkten des Längsschnittes $l\lambda$.

$pp = 13$, $pl = 13$, $l\lambda = 6$, $\lambda q\,(9) = 5$, $so = 0 \cdot 004$.

Nr.	Sch.	A.	
a) 1	0·0060	— min.	
2	0·0120	+ 2	$An_a = 0 \cdot 0070$
3	0·0080	+ min.	

$G_a = 8 \cdot 047$ M.

$pl = 9$, $l\lambda = 6$, $\lambda e = 6$.

Nr.	Sch.	A.	
b) 1	0·0080	+ 3	
2	0·0060	+ 3	
3	0·0040	— min.	

$An_a = 0 \cdot 0050$. $G_a = 7 \cdot 945$ M. $G_{(a-b)}\ 8 \cdot 667$ M.

6) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0040$
$sO = 0 \cdot 0650$ $SO = 0 \cdot 0610$

Ableitung $l\lambda$, $N.\ Str. = 0$, $pc = 10$, $pp = 10$, $pl = 15$, $l\lambda = 6$, $\lambda c = 10$.

4 Daniell. Anodischer Strom.

Nr.	Sch.	A.	
1	0·0070	0	$UF = 22 = 13\ U.$
2	0·0080	0	$lg\,Ur = 0 \cdot 32179 - 1$
3	0·0090	0	$An_a = 0 \cdot 0100$
4	0·0100	+ min.	$G_a = 7 \cdot 150$ M.
5	0·0110	+ min.	$An_a = 0 \cdot 0095$
6	0·0120	+ 5	$G_a = 7 \cdot 526$ M.
7	0·0170	+ 5	
8	0·0220	+ 14	
9	0·0420	+ 15	

7) Ableitung $l\lambda$, $pp = 7$, $pl = 13$, $l\lambda = 7$, $\lambda e = 16$.
4 Daniell. Anodischer Strom.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0530	+ 16	$UF = 19 = 13\ U$
2	0·0430	+ 3	$lg\,Ur = 0{\cdot}38546 - 1$
3	0·0380	+ 3	$An_a = 0{\cdot}0090$
4	0·0200	+ 5	$G_a = 5{\cdot}946$ M.
5	0·0130	+	
6	0·0080	0	
7	0·0100	+ 3·3	
8	0·0120	+ 4	
9	0·0140	+ 3·5	
10	0·0160	+ 4·7	
11	0·0230	+ 3·7	
12	0·0330	+ 4·5	
13	0·0430	+ 5	

8) $So = 0{\cdot}0000$. $so = 0{\cdot}0080$.
Ableitung $l\lambda$. $pp = 8$, $pl = 5$, $l\lambda = 9$.
4 Daniell. Anodischer Strom.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
a) 1	0·0010	— 2	— Schwankung
2	0·0030	— 3	
3	0·0050	+ 3	$An_{a_1} = 0{\cdot}0040$
4	0·0070	+ 14	

$pp = 8$, $pl = 13$, $l\lambda - 9$

Nr.	*Sch.*	*A.*	
b) 1	0·0070	0	$An_{a_2} = 0{\cdot}0080$
2	0·0090	+ 1·25	$UF = 27 = 13\ U$
3	0·0110	+ 1·75	
4	0·0140	+ 2·5	

$An_2 - An_1 = 0{\cdot}0040$. $lg\,Ur = 0{\cdot}83481$. $G_a = 11{\cdot}7$ M.

9) 4 Daniell. Anodischer Strom. Ableitung $l\lambda$.
$pp = 9$, $pl = 12$, $l\lambda = 10$.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
a) 1	0·0000	0	
2	0·0040	0	
3	0·0090	0	$An_{a_1} = 0{\cdot}0090$ (0·0080)
4	0·0090	+ min.	
5	0·0110	+ 4·5	$UF = 27 = \frac{66}{5}\ U$
6	0·0140	+ 5	

$pl = 4 \cdot 5.$

	Nr.	Sch.	A.	
b)	1	0·0020	0	
	2	0·0040	+ 1	$An_{a_2} = 0 \cdot 0030$
	3	0·0060	+ 10·5	

$$An_{a_1} - An_{a_2} = 0 \cdot 006 - 0 \cdot 005$$

$$G_a = 7 \cdot 606 - 6 \cdot 339 \text{ M.}$$

Nimmt man schwache Ströme, so erhält man negative Schwankung.

4 Daniell und 100 mm Rheochord.

Sch.	A.
0·0090	— 3
0·0140	— 3

10) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0100$ *Ur*

Anodischer Strom, Ableitung $l\lambda$.

	Nr.	Sch.	A.	
a)	1	0·0070	0	$pl_1 = 15$,
	2	0·0080	+ min.	$pp = 9$,
	3	0·0090	+ min.	$l\lambda = 3$.
	4	0·0110	+ 0·5	
	5	0·0130	+ 1	
	6	0·0180	+ 1	
	ohne Rheotom		+ 7·5	
a)	1	0·0030	0	500 Siemens Nebenschl.
	2	0·0050	+ 7	zum Galvanometer.
	3	0·0080	+ 2·5	$pp = 8$, $pl_2 = 4$, $l\lambda = 3$.
	ohne Rheotom		+ 7·5	

$$An_1 - An_2 = 0 \cdot 0040. \quad pl_1 - pl_2 = 11. \quad G_a = 16 \cdot 76 \text{ M.}$$

11) $So = 0 \cdot 0000$

Anodischer Strom. Ableitung $l\lambda$.

9450 Siemens als Nebenschliessung zum Galvanometer.

	Nr.	Sch.	A.	
a)	1	0·0000	0	4 Daniell
	2	0·0020	+ 2·5	$pp = 6$, $pl = 3$, $l\lambda = 3·5$.
	3	0·0040	+ 3	
	4	0·0060	+ 3·5	
	5	0·0080	+ 3	
		ohne Rheot.	+ 8	
b)	1	0·0040	0	
	2	0·0060	+ 0·5	$pp = 8$, $pl = 8$.
	3	0·0080	+ 2	$UF = 26·5 = 13·2 U$.
		ohne Rheot.	+ 4	
c)	1	0·0040	+ 1	$pl = 3$
	2	0·0080	0	Zerquetschung durch Ligatur zwischen p und l.

$An_2 — An_1 = 0·0040$. $G_a = 7·304$ M.

12) $So = 0·0000$

Anodischer Strom. Ableitung $l\lambda$.

Nr.	Sch.	A.	
1	0·0030	0	4 Daniell.
2	0·0050	+ 0·5	$pp = 8$, $pl = 9$.
3	0·0080	+ 4	$UF = 27 = 13·2 U$.
4	0·0130	+ 4·5	
5	0·0180	+ 4·5	

$An_a = 0·0040$, $G_a = 13·17$ M.

13) $So = 0·0000$ $so = 0·005$ *Ur.*

Anodischer Strom. Ableitung $l\lambda$.

	Nr.	Sch.	A.	
a)	1	0·0020	± min.	4 Daniell 35 Rh.
	2	0·0030	+ 1	$pp = 8$, $pl = 4$, $l\lambda = 2$.
	3	0·0040	+ 2·5	
	4	0·0070	+ 6	
		ohne Rh.	+ 22	

b)	1	0·0040	—	4 Daniell
	2	0·0070	0	$pp = 7, pl = 8, l\lambda = 8.$
	3	0·0090	+ 5	
	4	0·0120	+ 6	
		ohne Rheot.	+ 16	
c)	1	0·0070	0	4 Daniell
	2	0·0090	+ 5	$pp = 7, pl = 8, l\lambda = 2.$
	3	0·0080	+ 5	$UF = 27 = 13·2\ U.$
		ohne Rheot.	+ 16	

$An_1—An_2 = 0·0045—50$; $pl_1—pl_2 = 4$. $G_a = 5·201$ M.

14) Zeitlicher Verlauf des Anelektrotonus sehr nahe an der Anode. Ableitung lq (Quetschung).

$So = 0·0000$ $so = 0·0080$

$sO = 0.0600$

$NStr = +26$, $Cp = +300$ (Elekt. $= —10\ Cp$).

Anodischer Strom 4 Daniell.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0010	+ 4	$pp = 11, pl = 2—3, lq = 7$
2	0·0060	+ 140	$UF = 23 = 14\ U$
3	0·0110	+ 276	
4	0·0210	+ 313	
5	0·0310	+ 300	
6	0·0410	+ 265	
7	0·0510	+ 243	
8	0·0610	+ 82	$— sO = 600$
9	0·0710	+ 14	
10	0·0810	+ 5·5	
11	0·1010	0	
12	0·1110	0	
13	0·0410	+ 168	
14	0.0310	+ 175	
15	0·0210	+ 166	
	Zerquetschung zwischen p und l.		
16	0·0210	0	

Versuchsreihe IV.

Erregungswelle beim Oeffnen an der Anode.

1) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0030$
$sO = 0 \cdot 0570$ $SO = 0 \cdot 0540$

Anodischer Strom. 4 Daniell.

Nr.	*Sch*	*A.*	
1	0·0010	0	$pp = 10$
2	0·0030	+ 6	$pl = 24$
3	0·0130	+ 15	$lq = 10$
4	0·0230	+ 13·5	$UF = 23 = 14$ *U.*
5	0·0330	+ 12	
6	0·0430	+ 12	
7	0·0530	+ 9·5	...*sO*
8	0·0580	+ 9	
9	0·0630	+ 1	
10	0·0680	— 2·5	
11	0·0730	+ 2	
12	0·0780	— 2	
13	0·0880	± 0	
14	Dauernder Schluss	+ 228	

2) $So = 0 \cdot 0000$ $so = 0 \cdot 0080$
$sO = 0 \cdot 0680$ $SO = 0 \cdot 0600$

Anodischer Strom. 4 Daniell.

Dauernde Schliessung des Nervenkreises	Reizung mit Rheotom anodisch.
250 *Cp.*	— 39

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0040	0	$pp = 10$
2	0·0090	— 5	$pl = 20$
3	0·0140	— 8	$lq = 5$
4	0·0240	— 7·5	$UF = 23 = 14$ *U.*
5	0·0340	0	
6	0·0440	0	
7	0·0540	0	

Nr.	*Sch.*	*A.*	
8	0·0640	0	$sO = 0{\cdot}0680$
9	0·0690	— 7	
10	0·0740	— 7·3	
11	0·0840	— 3·7	
12	0·0940	0	
	Anelektrotonus	+ 4	

3) $So = 0{\cdot}0000$ $so = 0{\cdot}0080$

$sO = 0{\cdot}0630$ $SO = 0{\cdot}0550$

Anodischer Strom. 4 Daniell.

$NStr\ Cp = +65$ (Elektr. — 15.)

Rheotomreizung mit anodischem Strom = — 33.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0630	0	sO
2	0·0670	— 4·3	$UF = 23 = 14\ U.$
3	0·0720	— 3·2	
4	0·0720	— 2·5	

$pp = 15,\ lq = 3,\ pl\,25.$

Versuchsreihe V.

Reizung durch momentane constante Ströme.

Es wird der polarisirende Strom durch den Draht des Schiebers geschlossen, also sehr kurze Zeit $\left(\frac{1}{20000}\text{ Sec.}\right)$ und der Nerv durch die Quecksilbercontacte zur Bussole abgeleitet.

1) Schliessungszeit des Nervenkreises.

Oeffnung $O = 0{\cdot}0000$

Schliessung $S = 0{\cdot}0300$

Polarisirender Strom 4 Daniell.

Nervenstrom $lq = +15$.

Anelektrotonus (polarisirender Strom anodisch).

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0630	— 3	Die Ablenkungen im Sinne des Nervenstromes lq sind +, die entgegengesetzten — bezeichnet.
2	0·0330	— 8	

Katelektrotonus (polarisirender Strom kathodisch).

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0530	— 9	$UF = 22$
2	0·0830	0	$64\,U = 5\,UF$
3	0·0130	— 7	$lq = 25^{\text{mm}}$ (peripher.)
4	0·0000	0	$pl = 15^{\text{mm}}$
5	0·0080	— 6	$pp = 8^{\text{mm}}$
6	0·0050	— 1·5	q durch Schnitt hergest.
7	0·0040	— min. ?	

Da auch durch den anodischen Strom — Ablenkungen eintreten, so sind diese als – Schwankung anzusehen. Also auch beim kathodischen Strom vorzugsweise — Schwankung.

Wenn man den katelektrotonischen Schwankungsanfang $KS_a = 0{\cdot}0035$ setzt, so erhält man Folgendes:

$$lg\,Ur = 0{\cdot}29073 - 1. \quad \text{Geschwindigkeit } G = \frac{pl}{Ur.\ 0{\cdot}0035} = 21{\cdot}94 \text{ M.}$$

Die Dauer ist nicht genau gemessen. Sie ist mindestens bei 0·0530.

Also $\vartheta = (KS_e - KS_a - \tau)\cdot Ur. \quad \vartheta = 0{\cdot}0038''$.

Diese lange Dauer ist wahrscheinlich eine Folge der kathodischen Reizung, also wohl als Combination des katelektrotonischen Stromes mit — Schwankung aufzufassen. Ausserdem fragt es sich, ob nicht von der Anode eine Reizwelle ausgeht, die der ersten nachfolgt.

2) Anordnung wie in 1).

$$O = 0{\cdot}0000$$
$$S = 0{\cdot}0085$$

$pl = 33^{\text{mm}}$. $lq = 7^{\text{mm}}$, pp nicht gemessen.

$N.\ Str. = +\ 14.$ 4 Daniell.

Katelektrotonus.

	Nr. [1]	*Sch.*	*A.*	
a)	1	0	0	
	5	0·0055	0	
	6	0·0065	0	
	2	0·0070	>— 3	$KS_a = 0{\cdot}00675$
	7	0·0075	— 6	$UF = 19$
	3	0·0120	— 8·5	$UF = \frac{62}{5}\,U$
	4	0·0170	— 1	

[1] Die Nummern geben die Reihenfolge der Reizungen an. Der Uebersichtlichkeit halber sind die Ablenkungen nach dem zeitlichen Ablauf geordnet.

$lg\,Ur = 0{\cdot}40598 - 1$ $G = 19{\cdot}2$ M.
$KS_e = 0{\cdot}0170$ $\vartheta = (0{\cdot}0170 - 0{\cdot}00675 - 0{\cdot}0085)\ Ur.$
$= 0{\cdot}0005''.$

$pl = 12^{mm}$, $lq = 28^{mm}$, $pp = 3^{mm}$, $pc = 8^{mm}$ (c Centrales Ende.)
N. Str. = + 9.

Kathodischer Strom.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
b) 3	0·0025	0	
4	0·0035	0	$KS_a = 0{\cdot}0040$
5	0·0045	— 2·5	wohl nicht genau genug.
2	0·0055	— 4·5	
1	0·0075	— 9	
6	0·0085	— 8·5	
7	0·0125	— 1·5	KS_e ?
8	0·0135	0	
9	0·0145	0	
10	0·0155	0	
11	0·0125	— 2·5	
12	0·0085	— 2 Absol. negat.	Schliessung des Nervenkreises n. d. Reizung.

Anodischer Strom.

13	0·0125	— 4·5	Negative Schwankung.

$G = 11{\cdot}78$ M. ? (zu klein). $\vartheta = 0{\cdot}000127$. ?

3) Anordnung wie in 1).

$S = 0{\cdot}0065$ *N. Str.* = + 3

4 Daniell. Kathodischer Strom.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
2	0·0035	0	
1	0·0065	0	
6	0·0095	0	
3	0·0115	— 2	$KS_a = 0{\cdot}0105$
4	0·0145	— 4·5	
5	0·0165	— 2	

$UF = 13\ U$ $UF = 24$ $lg\,Ur = 0{\cdot}28400 - 1$	$lq = 9^{mm}$ $pl = 35^{mm}$ $pp = 8$ $pc = 8$ q Schnitt.	$G = 17{\cdot}33$ M.

4) $S = 0 \cdot 0080$ $N.\ Str. = +5$

4 Daniell. Kathodischer Strom.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0030	0	Der Nerv ist isolirt ausgespannt. Der Querschnitt wird durch Ligatur mit einem nassen Hanffaden hergestellt, und an dem Knoten wird abgeleitet. $KS_a = 0 \cdot 0090$.
2	0·0050	0	
3	0·0070	0	
4	0·0090	0	
7	0·0090	— min.	
8	0·0100	— 4·5	
6	0·0110	— 15	
5	0·0130	— 7·5	
9	0·0180	— 10·5	
15	0·0210	— 7·5	
10	0·0230	— 1·5	
11	0·0250	— 4	
14	0·0250	— 1·5	$KS_e = 0 \cdot 0260$
12	0·0270	0	
13	0·0290	0	

$pl = 36^{\text{mm}}$
$lq = 11^{\text{mm}}$
$pp = 12^{\text{mm}}$
$pc = 12^{\text{mm}}$

$UF = \frac{66}{5}\ U$
$lg\,Ur = 0 \cdot 27737 - 1$
$G = 21 \cdot 12$ M.
$\vartheta = 0 \cdot 001705''$

Auch eine grosse Dauer der Schwankung.

6) $S = 0 \cdot 0090$ $N\ Str. = +11$

4 Daniell. Anodischer Strom.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
12	0·0030	0	
1	0·0070	0	
11	0·0080	0	$pl = 26$
2	0·0090	0	$pp = 10$
14	0·0100	0	$pc = 5$
3	0·0110	0?	$lq = 10$
13	0·0110	+ 1	
15	0·0120	— 4	
4	0·0130	0	$UF = 24$
11	0·0130	0	$UF = \frac{66}{5}\ U$
6	0·0150	±	
5	0·0180	— 3	
7	0·0200	— 4·5	$lg\,Ur = 0.27737 - 1.$
8	0·0230	+ 7	
9	0·0280	— 2·5	
10	0·0330	— 1	

Auch im Anfang eine kleine + Ablenkung, dann negative, die durch eine starke + unterbrochen wird. Die negative Schwankung scheint mit + Ablenkungen (Anelektrotonus ?) gemischt.

Ist AS_a Anfang der Schwankung $= 0 \cdot 0110$, so ist $G = 12 \cdot 48$ M.

Dauer der ganzen Schwankung

$$\vartheta = 0 \cdot 002462''.$$

Ist die — Schwankung nur durch Schliessung an der Kathode erzeugt, so muss die Strecke $pl + pp$ gerechnet werden; dann ist

$$G = 17 \cdot 28 \text{ M.}$$

7) $S = 0 \cdot 0080$ $N. Str. = +7$

4 Daniell. Anodischer Strom.

Nr.	Sch.	A.	
a) 1	0·0030	0	$pl = 24$
2	0·0080	0	$lq = 14$
6	0·0090	0	$pp = 14$
5	0·0100	0	$UF = 22 \cdot 5$
4	0·0110	— 1	
7	0·0120	— 5	
3	0·0130	— 7	
b) 4	0·0050	0	$pl = 12$ $N. Str. = +8$
3	0·0080	— 1	$lq = 24$
2	0·0100	— 5·5	$pp = 14$
1	0·0120	— 7	
c) 1	0·0050	0	$N. Str. = +13$
2	0·0080	— 3	$pl = 12$
3	0·0130	— 12	$lq = 8$
4	0·0180	— 3·5	$pp = 10$
			$pc = 28$
5	0·0130	— 3 ! Absol. negat.	Zum Galvanometer erst nach d. Reizung geleitet, ohne Compensation.

a) Ist $AS_a = 0 \cdot 0105$ $lg\,Ur = 0 \cdot 31417 - 1$

so ist $G_a = 11 \cdot 09$

Wird $pl - pp$ in Rechnung gezogen, so ist $G = 17 \cdot 56$.

b) $AS_a = 0 \cdot 0065$

$G = 19 \cdot 40$ M. für $pp + pl = 26$.

c) $G = 16 \cdot 42$. für $pl + pp = 22$.

8) $S = 0{\cdot}0095$ $NStr. = + 11.$

4 Daniell. Anodischer Strom.

Reizung vor Leitung zum Galvanometer ohne Compensation.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0040	+ 1·5	
2	0·0090	— 1·5 ! absol. negativ	

gewöhnliche Versuchsart

Nr.	*Sch.*	*A.*	
3	0·0090	— 8·5	

$lq = 16,\ pl = 20,\ pp = 9.$

Neuer Querschnitt durch einen Knoten angelegt.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0090	— 3·5 !	Reizung vor Leitung zum
2	0·0090	— 5 !	Galvanometer ohne Com-
3	0·0090	— 3 !	pensation.
4	0·0090	— 6	gewöhnlicher Versuch

Der dauernd geschlossene Nervenstrom zeigte beim Schlusse des constanten Stromes + Phase, dagegen bei intermittirender Reizung durch das Rheotom — Schwankung.

$lq = 7^{\text{mm}},\ pl = 20,\ pp = 9.$

Versuchsreihe VI.

Ableitung der Reizwelle von zwei Längsschnittpunkten.

1) $S = 0{\cdot}0100$
$O = 0{\cdot}0000$

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0065	— 0·7	$pl = 15.$
2	0·0165	— 0·5	$l\lambda = 10.$
3	0·0215	0	$UF = 25{\cdot}5 = 14{\cdot}2\ U.$
4	0·0265	+ 0·4	

2) $S = 0 \cdot 0100$
$O = 0 \cdot 0000$

Nstr. = 0, *NS* = — 1·5.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0040	— 0·1	$l\lambda = 15$
2	0·0060	— 0·3	$pl = 10$
3	0·0070	— 0·8	$UF = 25 \cdot 5 = 14 \cdot 4$ *U.*
4	0·0100	— 0·5	
5	0·0120	— 0·5	
6	0·0140	+ 1·0	
7	0·0160	+ 0·9	
8	0·0170	+ 0·5	
9	0·0170	+ 0·4	Polwechsel
10	0·0180	+ 0·8	
11	0·0180	+ 0·5	Polwechsel
12	0·0200	+ 0·4	
13	0·0220	+ 0·2	

NS = — 0·5.

3) $S = 0 \cdot 0130$
$O — 0 \cdot 0000$

Nstr. = + 12 Sec., *Cp* = 20mm (1 D.). *NS* = — 1.

Nr.	*Sch.*	*A.*	
1	0·0000	0	$l\lambda = 18$, $pl = 9$, $pp = 2$.
2	0·0040	— 0·5	$UF = 25 = 14 \cdot 2$ *U.*
3	0·0090	— 0·5	
4	0·0140	— 0·1	
5	0·0190	+ 0·7	
6	0·0190	+ 0·5	Polwechsel
7	0·0180	+ 0·7	
8	0·0160	0	
9	0·0140	— 0·1	
10	0·0090	— 0·8	
11	0·0090	— 0·7	Polwechsel Rollen 130mm ohne Eisenkerne.

4 Daniell und Nebenschliessung zur primären Spirale.

4) $S = 0\cdot0110$
$O = 0.0000$

Nr	*Sch.*	*A.*	
1	0·0110	— 1	
2	0·0110	— 0·5	Polwechsel
3	0·0210	+ 1	
4	0·0210	+ 0·5	Polwechsel Keine Nebenschliessung zur primären Spirale. Rollenabstand 67 mm.

$$UF = 34 = 16\cdot25\ U.$$
$$l\lambda = 20,\ pl = 9,\ pp = 3.$$

Die Summation der negativen Schwankungen.

Von

Dr. K. Schönlein.

Aus dem physiologischen Institut der Universität Halle a. S.

(Hierzu Taf. XI.)

Bei einer Uebersicht über die Litteratur der negativen Schwankung wird gewiss schon manchem die grosse Bevorzugung aufgefallen sein, welche das Studium des zeitlichen Verlaufes der einzelnen Reizwelle erfahren hat, während den, doch zweifelsohne zwischen ihr, der bei der Muskelthätigkeit verbrauchten Spannkraftmenge und der Form der Muskelarbeit vorhandenen Beziehungen wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Gleichwohl würde es für eine jede Theorie der Muskelfunctionen nöthig sein, die Beziehungen festzustellen, welche zwischen der Grösse der Reizwellen, deren zeitlicher Folge und der aufgewendeten Spannkraftmenge bestehen. Wenn insbesondere aus den gleichen Geschwindigkeiten der Reiz- und Contractionswelle geschlossen wurde,[1] dass die Reizwelle nichts anderes ist, als „die lebendige Kraft der in Bewegung befindlichen Moleküle der Muskelfasern", so kann für diese Theorie der Richtigkeitsbeweis nur durch den Nachweis geliefert werden, dass die Wärmeentwickelung, als das directe Maass der im Muskel verbrauchten Spannkräfte, parallel geht mit der Grösse der negativen Schwankung.

Nach dieser Richtung hin kann jedoch bis jetzt nur eine einzige Arbeit zur Betrachtung herangezogen werden, nämlich die von Lamanski,[2] aus welcher hervorgeht, dass bei Belastung mit verschiedenen Gewichten die

[1] Bernstein, *Untersuchungen über den Erregungsvorgang* u. s. w. S. 143.

[2] Lamanski, Ueber die negative Stromschwankung des arbeitenden Muskels. Pflüger's *Archiv*. 1870. S. 193. u. s. w.

negative Schwankung mit den Gewichten zunimmt, und dass ferner der mit einem bestimmten Gewicht belastete Muskel mehr negative Schwankung entwickelt, als wenn dasselbe Gewicht als Ueberlastung benutzt wird. Obwohl nun durch diese Arbeit sehr bestimmte greifbare Beziehungen zum Spannkraftsverbrauch zu Tage gefördert waren, so hat Lamanski es doch unterlassen, auf denselben Rücksicht zu nehmen, und es hat sich seitdem auch kein weiterer Beobachter dieses Gebietes gefunden, vielleicht weil man vor den Schwierigkeiten einer gleichzeitigen, in einem Act vorzunehmenden Messung von negativer Schwankung und Wärmeentwickelung zurückscheute.

Die Schwierigkeit der Doppelbeobachtung lässt sich jedoch umgehen, sobald man dem Muskel Bedingungen zu geben vermag, in denen bei Variationen der Reizung die Wärmeentwickelung constant bleibt, also bei Anwendung einer maximalen Reizung. Ausser den in dieser Versuchsform nothwendig sich äussernden Beziehungen zur Spannkraftabgabe des Muskels müssen sich auch nebenbei noch Resultate ergeben über die Veränderungen selbst, welche die Grösse der negativen Schwankung als eine Function der Reizfrequenz bei Variation derselben erleidet.

Da ich mich mit der Frage der Wärmeentwickelung bei verschiedener Reizfrequenz schon einmal beschäftigt hatte,[1] war es mir von besonderem Interesse, auch das Verhalten der negativen Schwankung in dieser Hinsicht zu prüfen und somit für die gelegentlich der citirten Untersuchung gefundenen Beziehungen zwischen Reizfrequenz, Muskelarbeit und Wärmeentwickelung auch den näherliegenden Ursachen in Gestalt der Reizwelle nachzuspüren. Die Resultate der Untersuchung sollen im Nachfolgenden kurz mitgetheilt werden. Da die Versuchseinrichtungen im Wesentlichen dieselben sind, wie die a. a. O. angewendeten, so verweise ich bezüglich des akustischen Unterbrechers, der Reizzulassung und Reizdauer auf das dort angegebene.

Eine Anzahl von Vorversuchen wurde mit directer Muskelreizung und Ableitung vom künstlichen Querschnitt am Sartorius ausgeführt. Ein Sartorius wird mit seinem Beckenende in ca. 2 procentige Kreosotlösung getaucht, bis er daselbst schwach weisslich wird, dann auf einen Kork gelegt und an seinem tibialen Ende die an Stecknadeln angelötheten Enden der Poldrähte der secundären Spirale befestigt, nachdem sie vorher die, die Nebenschliessung zur secundären Spirale öffnende und schliessende Pendelvorrichtung passirt haben. Eine kräftige Reizung lässt jetzt den auf Kork gelagerten Sartorius sich *ad maximum* zusammenziehen, worauf dem nach Aufhören der Reizung erschlafften, und in der Verkürzungslänge liegenbleibenden Muskel die

---

[1] *Ueber das Verhalten der Wärmeentwickelung in Tetanis verschiedener Reizfrequenz.* Habilitationsschrift. Halle a. S. 1883.

solchergestalt vor Verschiebungen bei der Contraction geschützten unpolarisirbaren Thonstiefelelektroden angelegt werden. Die Zulassungsdauer der Inductionsströme zum Muskel ist gemäss der Schwingungsdauer des Pendels auf ca. 0·75 Secunden normirt. Während des Versuches wird mit den Poldrähten der secundären Spirale öfter gewechselt, um etwaige aus derselben in den Multiplicator eintretende Stromschleifen zu erkennen, wobei sich indessen die Ausschläge nie änderten. Als Galvanometer diente ein Meissner-Meyerstein'sches Instrument, mit astatischem Nadelpaar und compensirendem Hülfsmagnete. Die Empfindlichkeit war nicht allzugross gemacht worden. Der Ruhestrom wurde compensirt. Bei allen Versuchen waren die Rollen der secundären Spirale übereinandergeschoben, um das Maximum der Reizung zu erreichen. Da in der primären Spirale eine Nebenschliessung ist, und sich die Ströme überdiess über den verhältnissmässig grossen Querschnitt des Sartorius vertheilen, so sind die einzelnen Inductionsschläge hier wohl kaum als maximal zu betrachten. Ich lasse einen solchen Versuch folgen.

Versuch vom 10. October 1884.

Zeit.	Inductionsschläge pro Secunde.	Negative Schwankung in Scalenthln.	Zeit.	Inductionsschläge pro Secunde.	Negative Schwankung in Scalenthln.
12ʰ 48′	40	216	40	296	245
50	155	330	43	680	246
53	40	232	47	40	133
56	155	321	52	74	183
1ʰ 1′	40	229	58	155	232
6	155	292	4ʰ 2′	296	224
10	40	228	5	680	220
14	155	295	9	40	130
18	40	235	13	74	174
22	155	328	17	155	217
25	40	241	20	296	209
30	155	305	23	680	215
35	40	239	26	40	122
40	155	327	30	74	180
45	40	237	33	155	219
50	74	272	36	296	197
53	155	346	40	680	189
56	296	461	43	40	117
59	680	481	45	74	183
2ʰ 2′	40	192	48	155	210
25	40	133	53	296	171
30	74	171	56	680	167
35	155	238	5ʰ 0′	40	117

(Versuch vom 10. October 1884. Fortsetzung.)

Zeit.	Inductionsschläge pro Secunde.	Negative Schwankung in Scalenthln.	Zeit.	Inductionsschläge pro Secunde.	Negative Schwankung in Scalenthln.
3	74	164	25	680	92
5	155	181	28	40	85
8	296	160	31	40	15
10	680	149	32	155	23
12	40	119	36	680	56
15	40	57	38	680	21
18	74	72	40	680	8
20	155	100	46	680	53
23	296	95			

Bei diesem Versuche wurden nicht, wie sonst, die Poldrähte der secundären Spirale gewechselt, sondern es wurde, um einen etwaigen Stromschleifenantheil herauszubekommen, der Muskel stark ermüdet, indem in den Pausen zwischen den Beobachtungen um 5^h 12′ und 5^h 15′, 5^h 28′ und 5^h 31′, 5^h 36′, 5^h 38′ und 5^h 40′ jedesmal ein langer Tetanus eingeschaltet wurde. Der Tetanus wurde allemal so lange fortgesetzt, bis die Nadel des Galvanometers wieder dem Nullpunkt sehr nahe gekommen war, die negative Schwankung also fast aufgehört hatte. Da ich damit nicht zum Ziel kam, weil sich der Muskel in den Pausen allemal merklich wieder erholte, was an der Vergrösserung der negativen Schwankung sofort zu erkennen war, wechselte ich schliesslich zu Ende des Versuchs die Poldrähte und erhielt beidemale bei derselben Frequenz nahezu die gleichen Ausschläge.

Man wird sich wundern, dass der Muskel den Versuch so lange, fünf Stunden hindurch, aushielt. Er hatte jedoch keine Arbeit zu leisten, weil er sich ohne Gewichte auf der Unterlage liegend contrahirte, und brauchte deshalb nur wenig zu ermüden.

Man bemerkt hier zunächst, dass die frequentere Reizung auch den grösseren Ausschlag giebt, erkennt jedoch auch sogleich, dass zwischen Reizzahl und negativer Schwankung keine Proportionalität besteht, denn während in den ersten Tetanis des Versuches die Reizungen zwischen 40 und 155, also nahezu um das vierfache wechseln, steigen die Ausschläge bestenfalls um etwas mehr als die Hälfte des kleineren von beiden. In dem mittleren Theile des Versuches wechseln ferner die Frequenzen von 40 bis 680, also um das siebzehnfache, die negative Schwankung vergrössert sich dagegen bestenfalls nur um das doppelte.

Bei der Verfolgung nun des Maximums der negativen Schwankung beobachtet man, dass zunächst die Differenzen in den Schwankungen der hintereinanderfolgenden Reizungen mit 296 und 680 Reizen in der Secunde,

um $2^h\,40'$ und $2^h\,43'$ kleiner, fast Null werden, worauf denn bei der nächsten Reizung nicht mehr die höchste Frequenz, sondern die dritthöchste mit 155 Reizen pro Secunde die grösste Schwankung giebt.[1] Die Verhältnisse ändern sich dann in dieser Beziehung nicht mehr, bis die langen Tetani behufs Ermüdung absichtlich zwischen die messenden Reizungen eingeschoben werden. Es findet sich also hier ein Bild, das wir bei anderer Gelegenheit schon gesehen haben: dass bei Reizungen mit verschiedener Frequenz nicht immer die grösste Frequenz den grössten Reizerfolg zeigt, sondern dass mit wachsender Ermüdung die langsamere Reizfolge die wirksamere wird, was sich in der a. a. O. mitgetheilten Abnahme der Hubhöhe während des Tetanus und der geringeren Wärmeproduction kund giebt. Um zu sehen, ob die Abnahme dieser drei Grössen, negative Schwankung, Hubhöhe und Wärmeentwickelung gleichzeitig stattfindet, wird man also noch das graphische Verfahren einzuschalten haben, da wir ja wissen, dass mit der Verkleinerung des Flächenraums der Tetanuscurve stets die Verringerung der Wärmeentwickelung Hand in Hand geht.

Benutzt wurde zu diesen Versuchen wieder das Praeparat von Semitendinosus und Semimembranosus, vom Nerven aus gereizt und mit thermischen, durch Eintauchen der tibialen Insertion des Muskelpaares in 55—60° C. heisse $^3/_4$ procentige Kochsalzlösung bis zum Weisslichwerden hergestelltem Querschnitt. Nebenbei wurde jedoch auch das Verhalten des Muskels bei Ableitung vom natürlichen Querschnitt beobachtet. Die unpolarisirbaren Elektroden wurden durch mit $^3/_4$ procentiger Kochsalzlösung getränkte Fadenschlingen, welche dem Muskelpaar in einer Spannweite von circa 1 ^{cm} oder etwas mehr angelegt wurden, mit Längs- und Querschnitt verbunden. Belastet wurden die Muskeln mit etwa 25 ^{grm}. Der Wechsel der Frequenzen geschieht ebenso regelmässig, wie in den früheren Versuchen, so dass man die bei denselben Frequenzen erhaltenen Ausschläge und Curven sehr wohl miteinander vergleichen kann, da sich der Gang der Ermüdung deutlich an ihnen erkennen lässt.

Die Uebersicht über die Versuche zeigt nun, dass die Gesammtsumme der einzelnen, die tetanische Schwankung zusammensetzenden Schwankungen abhängig ist von dem Flächeninhalt der cet. paribus dabei gewonnenen Muskelcurven und unabhängig von der Anzahl der Reize in der Zeiteinheit. Da die Schwankung aber das bedingende Moment ist, müsste man eigentlich umgekehrt sagen, der Flächeninhalt der Curve sei abhängig von der Grösse der tetanischen Schwankung, da sich indessen die Veränderungen der Curve viel sinnfälliger darthun als der nur durch den Zahlenwechsel erkenntliche Unterschied in den Schwankungen, so wird es

[1] Man vergleiche die fettgedruckten Zahlen.

wohl zunächst noch gestattet sein, von der Curve, resp. Arbeitsleistung als ursprünglichem Moment zu reden.

Nun werden die Hubhöhen, resp. tetanischen Arbeitsleistungen erst von einer bestimmten Frequenz an constant, welche von der Stärke der Einzelreize und dem physiologischen Zustand des Muskels abhängt, so dass die Grenzwerthe der Fréquenzen, bei welchen dies geschieht, keine constanten Grössen sind. Die Grenzen liegen bei dem von mir verwendeten Inductionsapparat etwa innerhalb 60 bis 150 Reizen in der Secunde. Bei weniger als 60 Reizen pro Secunde erhöht sich die Muskelarbeit mit der Frequenz, über 150 Reize pro Secunde ist eine Steigerung nie wahrzunehmen, wenn die Rollen des Inductionsapparates übereinander geschoben sind. Ist das nicht der Fall und eine Rollenentfernung gewählt, bei welcher die Inductionsschläge mit Sicherheit nicht maximal wirken, so wird das Maximum der Muskelarbeit erst bei noch viel höheren Frequenzen erreicht.

Ist nun bei einer Anzahl hintereinander beobachtete Tetani mit der Frequenz die Arbeitsleistung des Muskels gestiegen, d. h. hat er seine Last höher gehoben und gleichzeitig auch ebenso lange oder länger auf der erreichten Hubhöhe getragen, wie im vorangehenden Tetanus, so beobachtet man, sobald die Unterschiede der Arbeitsleistungen einigermaassen merklich sind, recht beträchtliche Differenzen der tetanischen dazugehörigen Schwankungen, welche bei Ausschlägen von 300 und 400 Scalentheilen manchmal über 100 Scalentheile betragen. Die Unterschiede zwischen den tetanischen Schwankungen je zweier Frequenzen sind in der Regel um so grösser, je geringer die Frequenzen sind, stehen jedoch sonst weder zur Arbeitsleistung, noch zu den Frequenzen selbst in irgend einem mathematisch festzustellenden Verhältniss.

Wenn die Tetani schon nahezu maximal sind, werden die Differenzen der zugehörigen Schwankungen jedoch meist bedeutend geringer, und bewegen sich bei Frequenzen zwischen 60 bis 150 Reizen meist nur innerhalb 20 oder noch weniger Scalentheilen, ja sie verschwinden oft, sobald die Tetani gleich gross sind, vollständig, oder bis auf ein oder zwei Scalentheile. In den späteren Stadien des Versuches zeigt sich die Ermüdung zuerst an den Curven grösster Frequenz, indem bei dieser der Muskel während des Tetanus seine Last bereits fallen lässt, trotzdem dass er sie bei der geringeren Frequenz bei gleicher Hubhöhe während der ganzen Dauer des Tetanus noch mit unverminderter Energie trägt. Diese Erscheinung kündigt sich meist schon vorher durch Verminderung der negativen Schwankung an, ohne dass man sonst an den Curven etwas wahrnimmt und während diese vor allem den Tetanis geringerer Frequenz an Höhe noch nichts nachgeben. Verlieren aber die Curven höherer Frequenz im weiteren Versuchsverlaufe merklich an Fläche, indem der Muskel bereits

während der Reizung zu erschlaffen beginnt, so nimmt die Schwankung stark ab. Im Uebrigen verkleinern sich nach und nach die Schwankungen aller Frequenzen mit der allgemeinen Abnahme der Hubhöhen, die sich in dem gewöhnlichen Verlaufe der Ermüdung einstellt. Genauere Beziehungen zu den Curven lassen sich dabei nicht erkennen. Es fällt jedoch die negative Schwankung meist schneller als die Arbeit, aber oft in sehr verschiedenem Grade, und wenn die Hubhöhe bei zwei Muskeln beidemale um etwa den sechsten bis siebenten Theil gesunken ist, kann die negative Schwankung das einemal um $^1/_4$ bis $^1/_5$, das anderemal jedoch um $^3/_4$ bis $^4/_5$ des ursprünglichen Betrages verloren haben. Auch zu dem Ruhestrom des Muskels kann man bestimmtere Beziehungen nicht wahrnehmen. Zur Illustration der gesammten Erscheinungen lasse ich ein ziemlich willkürlich herausgegriffenes Versuchsbeispiel hier folgen.

Versuch vom 5. Februar 1885.

Benutzt wurden Semitendinosus und Semimembranosus, vom Nerven aus gereizt, mit thermischem tibialen Querschnitt. Reizdauer 0·75 Secunden. Zur Verwendung kommen Reizfrequenzen von 40, 74, 165 Reizen pro Secunde.

Zeit.	Ausschlag bei 40 Reizen in der Sec.	Zeit.	Ausschlag bei 74 Reizen in der Sec.	Zeit.	Ausschlag bei 165 Reizen in der Sec.
12h 45′	178	12h 48′	179	12h 50′	117
52′	161	55′	161	58′	125
1h 1′	168	1h 4′	167	1h 7′	127
10′	163	13′	174	16′	105
19′	138	22′	151	25′	91
28′	125	30′	169	33′	94
36′	139	40′	138	—′	—

Der Schieber des dabei zur Compensation des Ruhestromes benutzten, mit einem circa 0.75 mm starken Neusilberdrahte bezogenen Rheochordes stand dabei zu Anfang des Versuches auf 58 mm, und wurde bei 1h 16′ auf 54 und 1h 19′ auf 50 mm zurückgeschoben, von wo ab der Ruhestrom während der Versuchsdauer keine grössere Aenderung mehr erfuhr. Die bei dem Versuch gewonnenen Curven sind auf Taf. XI, Nr. I, abgebildet, und sind von links nach rechts zu lesen. Von den beigeschriebenen Zahlen bezieht sich die erste auf die Frequenz, die zweite auf die negative Schwankung. Man sieht, dass die Reizungen mit 40 und 74 Inductionsschlägen pro Secunde fast immer gleich grosse Tetani geben, während an den mit 165 Reizen pro Secunde gewonnenen Curven die schon mehrfach citirten Ermüdungserscheinungen hervortraten. Dementsprechend sind die negativen

Schwankungen bei den beiden ersten Frequenzen sehr oft nur wenig von einander verschieden, während die Schwankung der letzten Frequenz durchweg bedeutend geringer ausfällt. Wo zwischen den beiden kleineren Frequenzen Unterschiede vorliegen, fallen sie zu Gunsten der grösseren Frequenz aus, welche auch die höheren Tetani bietet. Ein zweites Versuchsbeispiel, welches die weitere Zunahme der Ermüdung mit wachsender Frequenz zeigt, habe ich ebenfalls noch auf Taf. XI, Nr. 2, abgebildet. Die Tetani folgen hier regelmässig in drei Minuten Abstand, die beigeschriebenen Zahlen bedeuten das gleiche, wie auf der anderen Curve, und es bedarf deswegen wohl nicht des ausführlicheren Versuchsprotocolles. Die Compensation des Ruhestromes fiel während des circa $^3/_4$ Stunden dauernden Versuches von 72 bis auf 61 ^{mm}, also rundweg $^1/_6$ des Anfangswerthes, die negative Schwankung fällt jedoch viel mehr, von 343 bis 81 Scalentheile bei derselben Frequenz, also um mehr als $^3/_4$ der ursprünglichen Grösse. Die mit der Beschleunigung der Reizfolge einhergehende Abnahme der Muskelarbeit während des Tetanus und der negativen Schwankung zeigt sich hier auf's deutlichste.

Während nun bei der Ableitung vom thermischen Querschnitt die Versuchsresultate immer in demselben Sinne ausfallen, widersprechen sie sich sehr oft in verschiedenen Versuchen bei Ableitung vom natürlichen Querschnitt. Sobald ein deutlicher, in gewöhnlichem Sinne verlaufender Ruhestrom vorhanden ist, verläuft der Versuch oft so, wie es bis jetzt geschildert ist, und man kann auf ein gleiches Verhalten, wie beim thermischen Querschnitt, um so sicherer rechnen, je kräftiger der Ruhestrom ist. Ist letzterer jedoch schwach oder gar nicht entwickelt, so verlaufen die Erscheinungen total anders.

Dann wächst die negative Schwankung mit der Anzahl der in der Zeiteinheit verwendeten Reize, gleichgültig, ob die Muskelarbeit wächst oder nicht, ja sie kann trotz eines sehr erheblichen Arbeitsdeficits, und trotz der mit der Zeit fortschreitenden Ermüdung oft über das doppelte des Schwankungsbetrages bei geringerer Frequenz und vollkräftiger Arbeit hinausgehen. Der Polwechsel in der secundären Spirale sichert in diesem Falle noch ausdrücklich vor allen, eigentlich von vornherein nicht zu erwartenden Stromschleifen, die aus der secundären Spirale in das Galvanometer eintreten könnten. Dabei laufen die Schwankungen keineswegs so praecis ab, wie am thermischen Querschnitt, sondern zögernd und ungleichmässig, und oft tritt eine Beschleunigung des Galvanometernadelschwunges dann noch ein, nachdem das Klappen der Arretirung an dem Reizzulassungspendel das Ende der Reizung schon längst angemeldet hat. Ich habe mich nicht bemüht, für diese Verhältnisse eine Analyse zu finden, da aus ihnen ohne weiteres zu entnehmen ist, dass es sich um eine reine Messung der negativen

Schwankung von vornherein nicht handeln kann. Ich gebe aber zum Schluss der Beschreibung des Thatsächlichen noch den letzten Theil eines Versuches mit Ableitung vom natürlichen Querschnitt auf Tafel XI, Curve 3. Die Zahlen haben die gleiche Bedeutung wie sonst, und ich füge nur noch hinzu, dass der Muskelstrom fast gleich Null war (die Compensation mit dem auch sonst benutzten Rheochord betrug 5, 4 und 3^{mm}) die Stelle eines der während des ganzen Versuches öfter wiederholten Polwechsels in der secundären Spirale ist mit P bezeichnet. Der Versuchsverlauf in der hier mitgetheilten Versuchshälfte war nicht anders wie in dem ersten, der Raumersparniss wegen auf der Tafel weggelassenen Theile, und ist deswegen instructiver, weil in der ersten Hälfte nur die Frequenzen von 20, 74, 105 Reizen pro Secunde benutzt wurden, während der Abfall der Tetanuscurve erst auftrat, als die Reizfrequenz auf 165 Reize pro Secunde gesteigert wurde. Da nun am natürlichen Querschnitt, wie schon lange bekannt ist, die negative Schwankung nicht rein zur Anschauung kommen kann, wird es auch hier nothwendig sein, bei weiteren Ueberlegungen über die Verknüpfung derselben mit der musculären Arbeitsleistung nur die am künstlichen Querschnitt gewonnenen Resultate zu berücksichtigen.

Dann ergiebt sich als erstes Resultat der Beobachtungen, dass unter unseren Versuchsverhältnissen die tetanische negative Schwankung nicht vergrössert werden kann, ohne dass zugleich die gesammten im weiteren Verlauf der Muskelthätigkeit mit letzterer verbundenen chemischen Umsetzungen wachsen. So lange der Muskel bei intensiverer Reizung seine Verkürzungsgrösse zu ändern vermag, steigt mit dieser auch die negative Schwankung, und wenn erstere an ihrer Grenze angekommen ist, werden auch die Differenzen in den einzelnen Beobachtungen der negativen Schwankung geringfügig, unter Umständen sogar Null. Wir wissen aber anderentheils, dass die Wärmeentwickelung von der Reizfrequenz unabhängig wird, sobald die Tetani maximal sind. Es verkleinert sich also sowohl die durch den Einzelreiz ausgelöste negative Schwankung, als auch die Wärmeentwickelung, d. h. die aufgewendete Spannkraftmenge proportional dem Reizintervalle, d. h. gleiche Reizfolge und gleiche Reizgrösse vorausgesetzt ist im maximalen Tetanus die Menge der durch den Einzelreiz ausgelösten Spannkraft proportional der Grösse der durch den einzelnen Reiz während des Tetanus ausgelösten negativen Schwankung.

Ferner folgt aus dem Parallelverlauf von Schwankung und Wärmeentwickelung bei den S. 256 erwähnten Ermüdungserscheinungen, dass die Abnahme der verbrauchten Spannkraft und der Muskelleistung ihren Grund bereits findet in der während den negativen Schwankung ablaufenden Vorgängen, so dass also die S. 40—42 meiner vorerwähnten Abhandlung durch-

geführten Betrachtungen auf diese zu übertragen sind. Da die genannten Erscheinungen zu Anfang des Versuches sehr oft fehlen, und die Unabhängigkeit der Gesammtschwankung von der Reizfrequenz auch noch innerhalb eines Intervalles gilt, welches kleiner ist als $^1/_{200}$ Secunde, also bei Intervallen, wo die Einzelschwankungen schon übereinanderfallen, so können der auf- und absteigende Theil der Schwankung keine Processe sein, welche sich gegenseitig aufheben, können also nicht etwa so aufgefasst werden, dass der Muskel im absteigenden Theil der Schwankung rückläufig dieselben Processe durchmacht, die er beim aufsteigenden Theil der Schwankung begonnen hatte.

Zieht man zu den hier ausgeführten Versuchen noch die Versuche Lamanski's heran, so tritt eine gewisse Uebereinstimmung in dem Verlaufe von negativer Schwankung und Wärmeentwickelung hervor. Nach Lamanski's[1] Versuchen steigt die negative Schwankung mit der Grösse der gehobenen Last, doch findet sich auch hier, wie in den Versuchen Heidenhain's,[2] eine individuelle Grenze der Gewichte, über welche hinaus der einzelne Muskel nicht belastet werden darf, ohne dass, wie dort die Wärme, so auch hier die negative Schwankung abnimmt. Im Bezug auf die Wärmeentwickelung des ermüdeten Muskels sowohl, wie in einigen anderen Punkten existiren jedoch bemerkenswerthe Unterschiede. Wenn Heidenhain findet, dass während der Ermüdung die Wärmeentwickelung schneller abnimmt als die Muskelarbeit, wie oben angegeben, so kann ich dies zwar für meine Versuchsreihen als Regel für die negative Schwankung bestätigen, doch weichen Lamanski's Zahlen sehr oft auffällig von dieser Regel ab, und insbesondere stimmt seine Angabe, dass wechselnde Ueberlastungen ohne Einfluss auf die negative Schwankung sind, gar nicht zu Heidenhain's Angaben, dass die Wärmeentwickelung mit der Ueberlastung steigt.

Lamanski glaubt die Einflusslosigkeit der Ueberlastung darauf zurückführen zu dürfen, dass die negative Schwankung bereits abgelaufen sei, wenn der Muskel beginnt, sich zusammenzuziehen. Für die damals bekannten Werthe der Zuckungslatenz würde dies allerdings stimmen. Nach Bernstein's Versuchen ist die negative Schwankung an einem Muskelelemente 0·004 Secunde nach Beginn der Reizung erloschen. 0·02 Secunde nach Beginn der Reizung erhebt sich an dieser Stelle die Contractionswelle, also 0·02 – 0·004 = 0·016 Sec. nach Ablauf der negativen Schwankung. Bei einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit der negativen Schwankung von zwei Metern in der Secunde würde diese sich mit der, dem Aus-

---

[1] A. a. O. S. 197. 4. Reihe.

[2] Heidenhain, *Mechanische Leistung, Wärmeentwickelung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit.* S. 88.

gangspunkt der Reizung zunächst gelegenen Stelle bereits $0 \cdot 006^{m} = 38^{mm}$ von ihr entfernt haben, der Hauptheil der Schwankung jedoch würde noch weiter entfernt sein. Die Gastroknemiusfasern werden selbst bei grossen Fröschen diese Länge kaum erreichen, und da die Innervation doch so ziemlich von der Mitte der Faser ausgeht, so bleibt kaum die Hälfte der Muskelstrecke übrig, welche nöthig sein würde, um negative Schwankung und Contractionswelle gleichzeitig enthalten zu können.

Nach Gad's Versuchen[1] würde jedoch die Latenz viel kleiner sein, etwa bloss 0·004 Secunde dauern, und es würde sich dann die Contractionswelle unmittelbar an die negative Schwankung anschliessen. Dem zu Folge würde die Spannung der Faser schon während des Schwankungsablaufes sich ändern können. Da wir aber nach Lamanski wissen, dass die Grösse der negativen Schwankung abhängig ist von der Spannung, welche die Muskelfaser vor Beginn ihrer Thätigkeit besitzt, würde der Auffassung nichts im Wege stehen, dass bei einer während des Zuckungsablaufes merklich steigenden Spannung, wie dies im Ueberlastungsverfahren der Fall sein würde, die negative Schwankung noch zunimmt. Die bisherigen Versuche über den Schwankungsverlauf haben nun allerdings ergeben, dass dieselbe sich während ihrer Fortpflanzung verkleinert, doch sind dieselben am ungespannten, nicht belasteten Muskel vorgenommen und würden also nicht gegen die Richtigkeit dieser Vermuthung sprechen können. Von vornherein aber würde Lamanski's Verfahren zur Ermittelung des Ueberlastungseinflusses ungeeignet sein, denn der wesentliche Spannungszuwachs würde immer erst gegen Ende der negativen Schwankung auftreten und während des mittleren Theiles der Schwankung, den Lamanski ableitete, im Gastroknemius wenigstens noch fehlen. Die Untersuchung müsste sich also mehr mit dem Ende der Schwankung befassen, oder dieselbe im Ganzen messen, ausserdem aber wären lange, parallelfaserige Muskeln, wie der Sartorius, dazu besser geeignet, als der Gastroknemius. Eine Verfolgung dieser Fragen mit dem Rheotom lag jedoch für den Augenblick ausserhalb des Versuchsplanes und zur Messung einer einzelnen Schwankung war die benutzte Bussole nicht genügend empfindlich, so dass dieser Versuch vielleicht denen zu überlassen wäre, die empfindlichere Instrumente besitzen. Diese Untersuchung würde übrigens einen Schluss auf die Art des Zerfalles der verbrauchten chemischen Verbindungen gestatten. Denn wenn trotz wachsender Wärmeentwickelung eine Schwankungszunahme ausbleibt, müsste man sich entweder zu der an sich unwahrscheinlichen Annahme bequemen, dass der Cyclus der die Contraction bewirkenden chemischen Spaltungen auch ohne negative Schwankung von neuem beginnen könne, oder annehmen,

---

[1] Ueber das Latenzstadium des Muskelelementes. *Dies Archiv.* 1879. S. 250.

dass die letzten Zerfallstadien der verbrauchten Verbindungen zu Ende der Thätigkeit nicht immer dieselben sind, sondern der Zerfall, je nach der Grösse der Arbeit, bei beschränkten Quantum zersetzlichen Materiales verschieden weit vorschreitet.

Wenn nun auch Lamanski's Untersuchungen nach den oben ausgeführten Erörterungen nicht geeignet sind, diese Frage jetzt schon zu entscheiden, so wird man auf Differenzen zwischen Schwankung und Wärmeentwickelung doch immerhin gefasst sein müssen. Nach Fick[1] entwickelt der an der Verkürzung behinderte Muskel bei der Einzelzuckung weniger Wärme, als wenn ihm, bei anfangs sich gleichbleibender Länge gestattet wird, sich zusammen zu ziehen, sobald die Spannung ihr Maximum erreicht hat. Man wird kaum annehmen dürfen, dass selbst bei den längsten Sartoriis noch ein Theil der Faser in negativer Schwankung begriffen sei zu einer Zeit wo der Muskel das Stadium der höchsten Contractionsenergie erreicht oder bereits überschritten hat.

Zum Schluss fasse ich die thatsächlichen Resultate meiner Untersuchung noch einmal zusammen wie folgt:

1. Wenn in Folge häufigerer Reizanstösse die tetanische negative Schwankung wächst, nimmt auch die Muskelarbeit zu. Eine Abnahme der Schwankung bedingt auch eine Verringerung der Arbeitsleistung.

2) Bei Verkleinerung des Reizintervalles nimmt auch der Bruchtheil der auf den Einzelreiz entfallenden gesammten tetanischen Schwankung ab, jedoch nicht proportional, sondern langsamer als das Reizintervall, so dass die Gesammtschwankung, auf die Zeiteinheit bezogen, zunächst noch wächst.

3. Dies geschieht jedoch nur bis zu einem Maximum, von wo ab die Einzelschwankung zunächst proportional dem Reizintervall abnimmt, um dann

4. bei weiterer Verkleinerung desselben schneller abzunehmen, so dass die gesammte tetanische Schwankung abnimmt.

Halle, 18. Juli 1885.

---

[1] Fick, Myothermische Fragen und Versuche. *Verhandlungen der Physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg.* N. F. Bd. XVIII. Nr. 12.

Zur Methodik der Zeitmessung von Erregungsleitungen.

Von

Dr. Johannes Gad.

In dem am 20. d. M. ausgegebenen Hefte dieses Archivs[1] ist die vom Februar datirte Antwort des Hrn. M. Mendelssohn auf meinen im Jahrgang 1883 S. 438 abgedruckten offenen Brief enthalten, in welchem ich den Wunsch ausgesprochen hatte, Hr. Mendelssohn möchte uns als Beleg für den von ihm aufgestellten Satz — der Erfolg der Reizung der Hinterstränge trete, um Rosenthal's Querleitungszeit im Rückenmark, später auf als der Erfolg der Reizung der Vorderstränge — ein Curvenpaar mittheilen, mit der ausdrücklichen Bemerkung, es sei bei Anwendung des Einzelreizes gewonnen. Zur Aeusserung dieses Wunsches war ich bewogen worden durch die Ueberzeugung, dass die mit Einzelreizen erlangten Resultate eine grössere beweisende Kraft besässen als die unter Anwendung von Reizfolgen gewonnenen. Hr. Mendelssohn ist diesem Wunsch dadurch nachgekommen, dass er das erste von ihm zur Begründung seines Satzes mitgetheilte Curvenpaar jetzt ausdrücklich als solches bezeichnet, welches mit Einzelreizen gewonnen sei, was aus der ersten Veröffentlichung, wenn überhaupt, so nur sehr indirect hervorgegangen war. Damit ist dem einen Zwecke meines Briefes genügt, welcher darin bestand, die Kriterien zur Beurtheilung der uns gebotenen Versuchsresultate in einem wesentlichen Punkte zu ergänzen und ich hätte Nichts weiter zu thun als Hrn. Mendelssohn dafür zu danken, dass er meine Aufforderung in gefälliger Weise beachtet hat, wenn nicht ein anderer Zweck meines Briefes noch unerfüllt bliebe.

Es war mir bedenklich erschienen, dass bei dem Versuch, die Leitungszeit der Erregung in nervösen Bahnen zu bestimmen, die Anwendung von Reizfolgen mit der von einzelnen Momentanreizen als gleichwerthig behandelt worden war in einer Arbeit, für welche Männer wie Marey und Rosenthal eine gewisse Verantwortung mit übernommen hatten. Gegen eine solche Anwendung von Reizfolgen durch Franc und Pitres hatte schon

[1] *Dies Archiv.* 1885. S. 288.

Heidenhain Verwahrung eingelegt[1] — wie die Erfahrung lehrte, ohne durchschlagenden Erfolg — und so glaubte ich den Protest wiederholen zu sollen, um das Meinige dazu beigetragen zu haben, eine unserer schönsten Versuchsmethoden, mit der ich zufällig gerade selbst beschäftigt war, vor Verflachung zu bewahren. In dem Gefühl, dass es sich um allgemein bekannte Dinge handele, auf die es genügt die Aufmerksamkeit gelenkt zu haben, bin ich sehr kurz gewesen, und ich bin von Hrn. Mendelssohn, wie seine Antwort lehrt, nicht verstanden worden. Die Fachgenossen mögen deshalb entschuldigen, wenn ich das Wesentliche noch einmal entwickele.

Will man die Zeitdauer der Erregungsleitung in einer Bahn messen, so ist abgesehen von anderen Erfordernissen nothwendig, dass man den Zeitpunkt genau beherrschen kann, in welchem die Erregungswelle einen bestimmten Punkt des Anfanges der Bahn passirt. In den meisten Fällen wird dies am zweckmässigsten so erreicht, dass man die Erregung an diesem Punkte selbst in einem bestimmbaren Zeitmoment entstehen lässt. Man erzielt dies durch einen einzelnen Momentanreiz, welcher von einer einmaligen plötzlichen Schwankung des constanten Stromes, von einem einzelnen Inductionsschlag oder von einer einmaligen Entladung eines Condensators geliefert werden kann. Die Dauer des physikalischen Vorganges dieser Reizmittel ist absolut zu vernachlässigen und es ist kein Grund anzunehmen, dass später als $^1/_{1000}$ Secunde nach dem Reizmoment die Erregungswelle am Reizort (wenn anders dieser in einer Nervenfaser gelegen war) ihr Maximum erreicht habe.[2] Die ganze vom Reizmoment bis zum Moment der beginnenden Reaction verlaufende Zeit ist also — bis auf $^1/_{1000}$ Secunde genau — als Dauer der Erregungsleitung (plus Latenzstadium, wenn die Muskelcontraction als Reagens dient) anzunehmen. Die Verdächtigungen gegen die Strenge dieser Annahme, welche Hr. Mendelssohn anzudeuten scheint, wird er schwerlich begründen können.

Es giebt nun andere Reizmittel, welche wohl als Einzelreize, nicht aber als Momentanreize bezeichnet werden können. Hierher gehören namentlich Schwankungen des constanten Stromes von endlicher Zeitdauer, wie sie in neuester Zeit von Fuhr[3] und Kries[4] näher studirt worden sind und welche Letzterer als „Zeitreize“ den Momentanreizen gegenüber gestellt hat. Dieselben sind bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse zu

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. S. XXVI. S. 146.

[2] Vergl. J. Bernstein, *Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven und Muskelsysteme.* Heidelberg 1871. S. 24.

[3] A. Fuhr, Einmalige lineare Stromschwankung als Nervenreiz. Plüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXXV. S. 510.

[4] v. Kries, Ueber die Abhängigkeit der Erregungsvorgänge von dem zeitlichen Verlaufe der zur Reizung dienenden Elektricitätsbewegungen. *Dies Archiv.* 1884. S. 337.

zeitmessenden Versuchen noch nicht zu benutzen, sind auch meines Wissens noch nicht dazu missbraucht worden, ich musste sie aber anführen, um den Ausdruck „einzelner Momentanreiz" vor dem Vorwurf des Pleonasmus zu bewahren, den ihm Hr. Mendelssohn macht. Es giebt eben „einzelne Momentanreize" und „einzelne Zeitreize", ausserdem „Reizfolgen von Momentanreizen", wie sie du Bois-Reymond's Schlitteninductorium beim Spiel des Wagner'schen Hammers, und „Reizfolgen von Zeitreizen", wie sie das rotirende Fleischl'sche Ortho-Rheonom erzeugt.

Mit der Anwendung von Reihen einzelner Momentanreize hat es doch nun folgende Bewandtniss. Entweder man kann ohne Fehler aus Stromschleifen und unipolaren Abgleichungen fürchten zu müssen, Ströme von solcher Stärke anwenden, dass jeder einzelne Reiz eine zur Zeitbestimmung ausreichende Reaction liefert, dann bietet die Anwendung von Reizfolgen keinerlei Vortheil für den vorliegenden Zweck — oder man ist auf Ströme von solcher Schwäche angewiesen, dass der einzelne Reiz wirkungslos ist und dass erst aus der Summation einzeln unwirksamer Reize eine Reaction resultirt, dann bleibt man beim jetzigen Stande unserer Kenntniss vollkommen darüber im Unklaren, ob im Moment des zweiten, dritten u. s. w. einzelnen Momentanreizes die Erregung ausgelöst worden ist. Wenden wir dies auf Mendelssohn's Fall an, so hinderte uns keine thatsächliche Angabe an der Annahme, es seien Stromschleifen auf die motorischen Fasern der Hinterextremitäten, vor ihrem Austritt aus dem Rückenmark, aber nach ihrem Austritt aus ihren Ganglienzellen, übergegangen, denn nur die Abwesenheit von telephonerregenden Stromschleifen in den extracentralen Wurzeln war nachgewiesen worden. Wären nun diese Stromschleifen etwas stärker gewesen bei Anlegen der Elektroden an den vorderen Lappen des transversal gespaltenen Dorsalmarkes als bei Anlegen derselben an den hinteren Lappen, so hätte im ersteren Fall vielleicht das dritte, im letzteren das vierte Glied der Reizfolge die Erregung auslösen können. Aber selbst wenn Stromschleifen auf die intracentralen motorischen Wurzeln mit Sicherheit ausgeschlossen gewesen wären, so würde die Methode der Reizfolgen doch keine einwandfreien Resultate gegeben haben, da ein Kriterium dafür nicht gegeben war, ob die erregbaren Elemente des hinteren Lappens ebenso günstig zu den gleichstarken Reizströmen gelegen waren, wie die des vorderen und ob nicht wegen einer solchen Differenz in dem einen Fall ein anderes Glied der Reizfolge auslösend gewirkt habe als in dem anderen. Zum Ueberfluss hat nun Hr. Mendelssohn noch unterlassen anzugeben, wie er es methodisch gesichert habe, dass in dem von ihm als Reizmoment bezeichneten Punkt der Hammer sich jedes Mal in derselben Phase seiner Schwingungen befunden habe.

Alle diese Bedenken, zu deren weiterer Häufung nicht viel Scharfsinn

gehören würde, fallen mit einem Schlage fort, sobald es sich um einzelne Momentanreize handelt. Die Betrachtung der Fig. 1, von der wir jetzt wissen, dass ihre Curven mit solchen Reizen gewonnen sind, belehrt uns auf den ersten Blick, dass es sich nicht um Stromschleifen auf motorische Wurzelfasern gehandelt haben kann, dazu ist die Zeitdauer zwischen Reizmoment, welche hier genau bestimmt sein kann, und Beginn der Muskelcontraction viel zu gross.

Soviel zur Methodik. Es wird hoffentlich genügen, um mein Vorgehen auch in den Augen derjenigen Leser zu rechtfertigen, welche mit den Ueberlegungen, die auf diesem Gebiet maassgebend sein müssen, weniger vertraut sind. Auf die offenen und versteckten Vorwürfe, die mir Hr. Mendelssohn in seiner Antwort macht — formell maassvoll, wie ich gern anerkenne — einzugehen, habe ich keine Veranlassung. Wer ein Interesse daran hat, sich über den Grad der Berechtigung zu diesen Vorwürfen ein eigenes Urtheil zu bilden, kann dies durch Lectüre der Originalmittheilungen[1] meines Opponenten und der meinigen thun. Ich scheue das Urtheil der sich auf diese Weise orientirenden Sachverständigen nicht, auch ohne durch Hervorheben der für mich besonders günstigen Momente die Stimmung zu beeinflussen. Nur über zwei Punkte muss ich mich an dieser Stelle bestimmt äussern. Erstens ist es nicht richtig, wie Hr. Mendelssohn mir in der initialen Anmerkung zu seiner Antwort vorwirft, ich habe „angegeben, seine Untersuchungen vollständig widerlegt zu haben." Ich habe dies weder an den Stellen gethan, an denen ich Veranlassung hatte, Hrn. Mendelssohn's Arbeiten zu berücksichtigen, also in meiner oben citirten Arbeit über Centren und Leitungsbahnen u. s. w. (S. 138 und 161) und im Jahresbericht, noch lag es in der oben noch einmal skizzirten Tendenz meines Auftretens. Zweitens muss ich ausdrücklich erklären, was ja auch aus meiner Arbeit über Centren und Leitungsbahnen zur Genüge hervorgeht, dass ich entschieden die, übrigens auch von Fick[2] getheilte Ansicht vertrete, dass bei Reizung der Vorderstränge des oberen Dorsalmarkes die Erregung nicht „geraden Weges", sondern nur durch Vermittelung motorischer Ganglienzellen zu den motorischen Wurzeln des Lumbalplexus gelangt.

Berlin, Juli 1885.

[1] *Dies Archiv.* 1883. S. 286.

[2] M. Mendelssohn, Beitrag zur Frage nach der directen Erregbarkeit der Vorderstränge des Rückenmarkes. *Dies Archiv.* 1883. S. 281. — Ueber die Irritabilität der Rückenmarkes. *Ebenda.* 1885. S. 288. — J. Gad, Ueber die Irritabilität des Rückenmarkes. *Ebenda.* 1883. S. 438. — Ueber die Centren und Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches. *Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg.* N. F. XVIII. S. 129. (Separat erschienen bei Stahel Würzburg 1884.) — Hirsch, Virchow's *Jahresberichte über die Fortschritte der gesammten Medicin pro 1883.* S. 214.

Herzmuskel und Atropin.

Von

O. Langendorff
in Königsberg i. Pr.

In einer jüngst erschienenen, der Deutung der Muscarinwirkung gewidmeten Abhandlung folgert Kobert[1] aus seinen Versuchen, dass dem Atropin weder eine erregende noch eine erregbarkeitssteigernde Wirkung auf die Muskelsubstanz des Herzens zukomme. „Ich muss demnach, sagt er, alle Versuche, welche Ringer und Morshead, Langendorff und Andere angestellt haben, um das Gegentheil zu beweisen, als unrichtig bezeichnen."

In meinen „Studien über Rhythmik und Automatie des Froschherzens"[2] hatte ich nachgewiesen, dass man die nach dem Bernstein'schen Verfahren abgeklemmte ganglienfreie Herzspitze zum rhythmischen Pulsiren bringen könne, wenn man den Frosch mit gewissen Alkaloiden und Glycosiden vergifte. Atropin hatte sich in meinen Versuchen nur einmal pulserregend erwiesen. Aus dem Umstande aber, dass die abgeschnittene Herzspitze der Atropinfrösche in der Regel noch eine Reihe von 7 bis 8 Pulsen machte, ehe sie dauernd stillstand, hatte ich geschlossen, dass das Atropin jedenfalls die Erregbarkeit des Herzmuskels steigere. Pulsserien abgeschnittener Spitzen hatte ich sonst nur bei erwärmten Fröschen gesehen.

Auf diese Angaben beziehen sich die obigen Bemerkungen Kobert's. Trotz derselben muss ich auf meiner Meinung beharren. Neue Versuche haben mir gezeigt, dass sogar die Erregung von Spitzenpulsen durch Atropin bei kräftigen Herbstfröschen ein weniger seltenes Vorkommniss ist, als wie ich selbst früher gemeint hatte. Zu diesen neuen Versuchen

[1] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmacologie.* Bd. XX. S. 92.
[2] *Dies Archiv.* 1884. Suppl.-Bd.

dienten Esculenten, die erst kurze Zeit in Gefangenschaft waren. Die Spitze wurde in bekannter Weise am curarisirten oder auch am unvergifteten Thiere abgeklemmt. Das Atropinsalz wurde in einer Dosis von 0·0002 bis 0·0003 ^{grm} in die Musculatur eines Oberschenkels injicirt. In einigen Fällen traten dann schon nach wenigen Minuten lebhafte und langandauernde Spitzenpulse auf.

War das nicht der Fall, so erzeugte mechanische Reizung mit einem stumpfen Instrumente mehrere Pulsationen, während sich am unvergifteten Herzen in der Regel nur eine Contraction erzielen lässt. In einem Fall pulsirte die etwas kräftiger gedrückte Spitze sieben Mal.

Schnitt ich die Herzspitze eines Atropinfrosches ab, so erhielt ich als Antwort auf den Schnittreiz in mehreren Fällen Pulsserien; in einem Falle pulsirte die abgeschnittene Spitze zwölf Mal. Als die Pulsationen aufgehört hatten, verursachten einfache Nadelstiche jedes Mal zwei Pulsationen.

Mit mir wird, wie ich glaube, jeder vorurtheilsfreie Forscher aus diesen Versuchen schliessen, dass das Atropin die Erregbarkeit des Herzmuskels steigert, und dass es denselben sogar erregt.

Es ist klar, dass durch den Nachweis einer muskelerregenden Wirkung des Atropins die Bezold'sche Theorie der Atropinwirkung durchaus nicht in Frage gestellt zu werden braucht. Die Vaguslähmung und die Herzmuskelreizung könnten sehr wohl nebeneinander bestehen. Ich bin in der That der Ansicht, dass dies so ist, da z. B. die durch Atropin erzeugte Pulsbeschleunigung meiner Meinung nach durch Herzmuskelreizung gar nicht erklärt werden kann, durch die Annahme einer Vaguslähmung dagegen befriedigend erklärt wird. Auch wäre bei blosser Reizung schwer verständlich, warum das Atropin nur solche Herzen in beschleunigte Thätigkeit versetzt, die einen Vagustonus haben. Ich habe niemals Gelegenheit genommen, mich ausdrücklich über diese Dinge zu äussern; nur gelegentlich meiner Stannius'schen Ligaturen am atropinisirten Herzen bemerkte ich ganz beiläufig, dass „nach den Untersuchungen von Gaskell und Luchsinger die Bezold'sche Theorie der Atropinwirkung keineswegs mehr als ein felsenfestes Gebäude angesehen werden könne.“ [1]

Diesen gelegentlich geäusserten Zweifel in Verbindung mit der oben erwähnten Stelle hat Kobert eines eigenen Referates in seinem pharmacotherapeutischen Jahresberichte für werth gehalten.[2] Sein Referat lautet: „Ohne die pharmacologische Litteratur zu berücksichtigen, hat L. über die Einwirkung des Atropins und einiger anderer Stoffe auf das Frosch-

[1] A. a. O. S. 101.

[2] *Jahresbericht über die Fortschritte der Pharmacotherapie.* I. Bd. Für das Jahr 1884. S. 180. (Ich citire nach dem Aushängebogen.)

herz und speciell auf die Spitze desselben neue Versuche angestellt, welche die Unrichtigkeit der Bezold-Schmiedeberg'schen Erklärung der Atropin- und Muscarinwirkung beweisen sollen."

Demgegenüber sehe ich mich zu der Erklärung veranlasst, dass ich

1. niemals Versuche angestellt habe, welche die Unrichtigkeit der Bezold-Schmiedeberg'schen Erklärung der Atropin- und Muscarinwirkung beweisen sollen. Kobert wird weder in der von ihm angeführten, noch in irgend einer anderen meiner Arbeiten in dieser Absicht angestellte Versuche finden.

2. Bezüglich des Atropins verweise ich auf das oben Gesagte.

3. Bezüglich der Deutung der Muscarinwirkung bin ich stets ein entschiedener Anhänger Schmiedeberg's gewesen.[1] Ich habe seit Jahren mit dem Gifte experimentirt, und kenne auch die anscheinend gegen die Schmiedeberg'sche Erklärung sprechenden Thatsachen wohl. So habe ich oftmals, besonders bei hohen Dosen oder bei directer Application des Giftes aufs Herz, den Herzmuskel ganz unerregbar werden sehen. Indessen schliesst selbst diese Erscheinung meiner Meinung nach die Annahme einer Vagusreizung nicht aus. Die Versuche von Eckhard[2] und Schiff haben nämlich gezeigt, dass auch elektrische Vagusreizung den Herzmuskel für die Dauer des Stillstandes völlig unerregbar machen kann. Das Muscarin wirkt vielleicht ähnlich. Kleine Dosen brachten auch in meinen Versuchen lediglich diastolischen Stillstand ohne Erregbarkeitsverlust hervor.

4. Die das muscarinisirte Herz, selbst das unerregbar gewordene, sofort belebende Wirkung des Atropins ist auch meiner Auffassung nach wesentlich der vaguslähmenden Wirkung des Giftes, höchstens in zweiter Linie seinen muskelerregenden Eigenschaften zuzuschreiben; denn das mechanischen und elektrischen Reizungen unzugängliche Organ dürfte dem Atropinreize gegenüber nicht fügsamer sein.

Königsberg, im October 1885.

---

[1] Das beweisen u. A. meine von Kobert selbst citirten Versuche an neugeborenen Thieren (nicht, wie Kobert schreibt, Embryonen), bei denen ich durch Muscarinvergiftung die Frage zu entscheiden suchte, ob ihr Vagus bereits herzhemmende Eigenschaften besitze oder nicht. (*Breslauer ärztliche Zeitschrift*. 1879. S. 247).

[2] *Beiträge zur Anatomie und Physiologie*. Bd. X. S. 23.

Physiologische Studien über Psychophysik.

Von

Dr. Franz Carl Müller.

(Hierzu Taf. XII.)

Die Untersuchungen, die im Folgenden mehr in vorläufiger als ausführlicher Weise mitgetheilt sind, haben zum Ausgangspunkt diejenigen dem Weber'schen Gesetze unterliegenden Thatsachen, bei welchen der zwischen zwei Reizen bestehende Unterschied empfunden wird, während eine Superposition dieses Unterschiedes zu dem einen der beiden Reize stattfindet. Da sich die im Weber'schen Gesetz praecisirte Wirkung dieser Superposition daraus erklärt, dass der physiologische Sinnesreiz die Erregbarkeit des gereizten Organes vermindert, so wird die Frage aufgeworfen, ob das Weber'sche Gesetz überhaupt für die durch Reizung hervorgerufenen Zustände verminderter Erregbarkeit charakteristisch ist und gesucht, diese Frage im Speciellen für die Zustände verminderter Erregbarkeit, welche sich unter der Einwirkung des galvanischen Stromes auf die Nervenfaser entwickeln, experimentell zu beantworten. Aus den Versuchsergebnissen sind dann, hier nur in flüchtiger Andeutung, die nächstliegenden Consequenzen gezogen. Schliesslich wird die Untersuchung noch auf die Zustände erhöhter Erregbarkeit ausgedehnt und nachgeforscht, ob auch in diesem Gebiete eine der im Weber'schen Gesetze enthaltenen analoge Gesetzmässigkeit nachzuweisen sei.

Betrachten wir zunächst die Wirkung der Superposition gleichartiger physiologischer Sinnesreize. Ein Licht bestrahle eine weisse Fläche mit einer Helligkeit, deren Intensität $= R$. Die Bestrahlung soll durch irgend eine Vorrichtung plötzlich unterbrochen und wieder hergestellt werden können; der dadurch bewirkte Helligkeitsunterschied r sei gross genug, um eine deutliche Unterschiedsempfindung u hervorzurufen. Wird nun die

Helligkeit R, welche die weisse Fläche darbietet, durch eine an Intensität langsam wachsende zweite Lichtquelle vermehrt, so nimmt die Empfindung (u) des durch Ausschalten und Einschalten der ersten Lichtquelle erzeugten Helligkeitsunterschiedes r, ohne dass dieser seine absolute Grösse irgend änderte, immer mehr ab, wird bei einer gewissen Stärke von R eben merklich und verschwindet bei weiterem Wachsen dieser Grösse vollständig. Dies kann so ausgedrückt werden: Eine absolut gleich grosse positive oder negative Aenderung der Intensität ruft, innerhalb gewisser Grenzen, eine um so geringere Unterschiedsempfindung hervor, je grösser die Reizintensität ist, von der aus die Aenderung stattfindet.

Da die Thatsache dem Weber'schen Gesetze unterliegt, so wird dieselbe in diesem weiter zu verfolgen sein; doch sind einige Vorbemerkungen nöthig.

Das Weber'sche Gesetz lautet:

„Ein Unterschied zweier Reize, auch fassbar als positiver oder negativer Zuwachs zum einen oder anderen Reize, wird immer als gleich gross empfunden, wenn sein Verhältniss zu den Reizen, zwischen denen er besteht, oder sofern er als Zuwachs gefasst wird, wenn sein Verhältniss zu dem Reize, dem er zuwächst, dasselbe bleibt, wie sich auch seine absolute Grösse ändere.“

Bekanntlich ist das Gesetz in dieser Form nicht ganz unbestritten geblieben; vielmehr wurden gewisse Abweichungen gefunden, die einzelne Experimentatoren veranlasst haben, dem Gesetz eine andere Form zu geben. Diese Abweichungen werden später zu berühren sein; zunächst empfiehlt es sich, von der obigen Formulirung auszugehen, weil diese vor den anderen den Vortheil grösserer Einfachheit des sprachlichen Ausdruckes voraus hat wodurch jedoch die von den Thatsachen geforderten Einschränkungen nicht berührt werden sollen.

Da ferner in dieser Formulirung von im Allgemeinen gleich grossen Unterschiedsempfindungen gesprochen wird, während die Untersuchungen sich nur auf eben merkliche, d. h. minimale Unterschiedsempfindungen beziehen, so soll auch diese Einschränkung für das Folgende vorausgesetzt und unter gleich grossen Unterschiedsempfindungen stets minimale verstanden sein.

Ausserdem ist noch zu bemerken, dass das Weber'sche Gesetz, wie auch schon in der hier verwendeten Form desselben angedeutet liegt, für zweierlei Arten von Fällen seine Bewährung gefunden hat. In dem einen Fall ist der Uebergang des einen Reizes in den anderen zeitlich unterbrochen und der Unterschied wird durch einen Vergleich wahrgenommen, bei welchem durch Vermittelung des Gedächtnisses der zuerst percipirte

Reiz bei der Perception des zweiten erinnert wird. In dem anderen Fall geht der eine Reiz in den zweiten ohne Unterbrechung über, sodass ein Zuwachs oder eine Superposition des Unterschiedes beider Reize zu dem ersten Reize stattfindet. Den ersten Fall repraesentiren u. a. diejenigen Gewichtsversuche, bei denen zuerst das eine Gewicht gehoben und dann weggesetzt wird, worauf dieselbe Manipulation mit dem zweiten in Vergleich kommenden Gewicht nachfolgt. Als Beispiele des zweiten Falles können die Lichtversuche gelten, bei denen ohne zeitliche Unterbrechung die eine Reizintensität, während die Macula lutea über das Versuchsfeld hingeführt wird, in die andere übergeht. Nur von diesem zweiten Fall, in welchem die Unterschiedsempfindung oder Zuwachsempfindung sich ohne Weiteres als eine Function des Reizzuwachses oder der Aenderung der Reizintensität ergiebt, werden wir zunächst ausgehen. Später (S. 303) wird sich zeigen, dass auch im ersten Fall wesentlich derselbe Vorgang vorliegt, wie im zweiten und die gemachte Trennung nur eine äusserliche ist.

Bezüglich der Unterschiedsempfindung genügt es vorerst, zu bemerken, dass dieselbe als ein psychophysischer Process und somit als irgend eine Form nervöser Erregung betrachtet werden muss und im Folgenden auch kurz als Erregung bezeichnet werden wird. Auf das Wesen dieser Erregung einzugehen, wird weiter unten versucht werden.

Das Weber'sche Gesetz stellt nun für die Thatsache, von der wir ausgingen, den Satz auf:

Die Unterschiedsempfindung oder die Erregung u bleibt sich gleich gross, wenn das Verhältniss der Reizintensität R zu der Aenderung der Reizintensität, kurz Reizschwankung, r dasselbe bleibt.

Da Aenderung der Intensität mit positiver oder negativer Superposition eines gleichartigen Reizes gleichbedeutend ist, so sagt der letzterwähnte Satz, dass der superponirte Reiz in seiner Wirkung in einem ganz bestimmten Verhältniss beeinflusst wird durch den Reiz, zu dem die Superposition stattfindet. Für diese Beeinflussung giebt es zwei Möglichkeiten: dieselbe kommt entweder unmittelbar von Reiz zu Reiz zu Stande oder mittelbar, d. h. durch Vermittelung des gereizten Organes. Die erste Möglichkeit ist leicht auszuschliessen; einerseits ist es ohne Weiteres klar, dass in dem obigen Beispiel bei jeder Schwankung r gleichviel Licht mit derselben Geschwindigkeit entweder in das Auge geworfen oder demselben entzogen wird, wie immer sich auch die Intensität des zweiten Lichtes ändere, andererseits zeigt sich auch genau dieselbe Gesetzmässigkeit dann, wenn die beiden Reize sich gar nicht direct beeinflussen können, weil sie ungleichzeitig zur Wirkung kommen.[1] Der Reiz, zu dem die Superposition

[1] Vergl. S. 303.

stattfindet, verändert also für den superponirten Reiz die Erregbarkeit des Organes, auf welches er in constanter Höhe einwirkt.

Nehmen wir nun, nach der üblichen Begriffsbestimmung, die Erregbarkeit bei gleichbleibendem Reiz proportional der Wirkung und bei gleichbleibender Wirkung umgekehrt proportional dem Reiz und messen für unseren Fall die Erregbarkeit durch einen Quotienten $\frac{u}{r}$, dessen Zähler die eben merkliche Erregung, dessen Nenner die Grösse derjenigen Reizschwankung ist, die eine eben merkliche Erregung hervorbringt, so folgt aus der zuletzt gegebenen Formulirung des Weber'schen Gesetzes:

Die Erregbarkeit eines empfindenden Organes, soweit sie durch den physiologischen Sinnesreiz geändert wird, ist umgekehrt proportional der Intensität dieses Reizes, ein Satz, der in der That nur ein anderer Ausdruck ist für die directe Proportionalität zwischen Reizintensität und Schwankung.

Kehrt man nun mit diesem Satz zurück zu der ursprünglichen Form des Weber'schen Gesetzes, nach welchem die Erregung sich gleich bleibt, wenn das Verhältniss der beiden Reize, zwischen denen der erregende Uebergang stattfindet, sich gleich bleibt und benutzt das zuletzt gewonnene einfache Abhängigkeitsverhältniss zwischen Reizintensität und Erregbarkeit, um in die ursprüngliche Form für Reiz Erregbarkeit einzusetzen, so entsteht der Satz:

Die Erregung bleibt sich gleich, wenn das Verhältniss der beiden durch ihre zugehörigen Reizgrössen gemessenen Erregbarkeitszustände, zwischen denen der erregende Uebergang stattfindet, sich gleich bleibt.

Diese Umgestaltung bietet den Vortheil, dass sie Factoren in gesetzliche Beziehung bringt, die innere Zustände des gereizten nervösen Organes darstellen, soweit von der Art des Reizes gänzlich unabhängig, lediglich in der absoluten Grösse desselben ein Maass haben. Wir haben somit jetzt ein Gesetz vor uns, welches sich auf bestimmte Zustände verminderter Erregbarkeit bezieht, und nun Veranlassung giebt zu einer Untersuchung der Zustände verminderter und überhaupt veränderter Erregbarkeit im Allgemeinen. Diese Untersuchung wird hier ausgeführt werden an der peripheren Nervenfaser, welche als das einfachste experimentell zugängliche nervöse Gebilde auch die fundamentalste Bedeutung beansprucht. Dem gesammten Sinnesorgan, an welchem das Weber'sche Gesetz bewährt ist, tritt also jetzt die periphere Nervenfaser gegenüber; an dieser sind die verlangten Erregbarkeitszustände herzustellen und zu untersuchen, ob bezüglich der Erregung zwischen zwei einander ununterbrochen folgenden Erregbar-

keitszuständen dasselbe Verhältniss herrscht, wie dies das Weber'sche Gesetz in seinen Consequenzen vom Sinnesapparate aussagt.

Ein Reiz, der die so geforderten Versuchsbedingungen herzustellen vermag, ist nach der Lehre vom Elektrotonus der galvanische Strom. Unter der constanten Einwirkung desselben findet eine Veränderung des Erregbarkeitszustandes statt und bei der Schwankung tritt zugleich mit einer Veränderung der Erregbarkeit ein zweiter Nervenvorgang auf, der in Form einer durch die Endapparate controlirbaren Erregung abläuft. Die Schwankung kann ferner für jede Stromesgrösse so eingerichtet werden, dass die Erregung eine stets gleiche, eben merkliche bleibt. Die Frage, die also nach dem Weber'schen Gesetz der Nervenfaser gestellt wird, heisst: „In welchem Verhältniss steht diejenige Schwankung, die eine minimale Erregung hervorbringt, zu der Stromgrösse, von der aus sie stattfindet?“

Doch ist bezüglich dieser Frage eine Bemerkung über die elektrotonischen Verhältnisse nöthig. Der constante Strom wirkt bekanntlich verschieden an beiden Polen; der positive Pol vermindert die Erregbarkeit, der negative erhöht dieselbe. Es existiren also bei der Einwirkung des Stromes zwei einander entgegengesetzte Erregbarkeitszustände neben einander, was die Lösung unserer Frage unmöglich machen würde, wenn nicht der andere Umstand hinzuträte, dass bei der Schwankung die Erregung immer nur an einem Pole auftritt. Wie Pflüger gefunden und eine Reihe von Autoren[1] nach ihm auf die verschiedenartigste Weise übereinstimmend bestätigt, geht bei der Schliessung die Erregung von der Kathode, bei der Oeffnung von der Anode aus; erregend wirkt das Entstehen des Katelektrotonus und das Verschwinden des Anelektrotonus. Aus diesem Grund muss auch bei blossen Dichtigkeitsschwankungen, wenn der Strom nicht von Null, sondern von einer gegebenen Höhe ansteigt, oder wenn er nicht auf Null, sondern nur auf eine gewisse Höhe fällt, bei der positiven Schwankung die Erregung von der Kathode, bei der negativen von der Anode ausgehen. Hermann[2] deducirt aus den Pflüger'schen Gesetzen den Erfolg positiver oder negativer Schwankungen folgendermaassen: „Wird ein bestehender Strom plötz-

[1] v. Bezold (*Untersuchungen über die elektrische Erregung der Nerven und Muskeln.* Leipzig 1861) durch Messung der Zeit, welche die Erregung braucht, um von der erregten Stelle zum Muskel zu gelangen.

O. Nasse (Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1870. Bd. III. S. 476) und L. Hermann (*Ebenda*, Bd. XXX. S. 1) durch Untersuchungen des Erfolges von Dichtigkeitsschwankungen des galvanischen Stromes.

Biedermann (*Wiener Sitzungsberichte.* Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. Bd. LXXXIII. III. Abth. S. 289) durch Abtödtung der centropolaren Nervenstrecke und dadurch bewirkte Ausschaltung der Wirkung des einen Poles.

[2] *Handbuch der Physiologie.* Bd. II. Th. I. S. 77.

lich verstärkt, so ist dies gleichbedeutend mit Schliessung eines gleichgerichteten oder Oeffnung eines entgegengesetzten; wird ein Strom plötzlich geschwächt, so ist dies gleichbedeutend mit Schliessung eines entgegengesetzten oder Oeffnung eines gleichgerichteten. Im ersteren Falle aber fällt die Erregungsstelle auf bestehenden Katelektrotonus, im letzteren auf bestehenden Anelektrotonus. In Anbetracht der hier herrschenden Erregbarkeiten wäre also apriori zu erwarten, sobald die Complicationen, die aus dem Leitungsvermögen der Strecke zwischen Erregungsstelle und Muskel hervorgehen, ausgeschlossen sind: Eine positive Schwankung wirkt, innerhalb gewisser Grenzen um so stärker, je stärker der bereits bestehende Strom, eine negative Schwankung um so schwächer, je stärker der Strom.“ In der That haben Untersuchungen von O. Nasse und später von Hermann selbst diese Consequenzen aus den Pflüger'schen Sätzen bestätigt.

Bei der positiven Schwankung, die nicht vom Nullpunkt ausgeht, findet also ein Uebergang von einem Zustand erhöhter Erregbarkeit in einen Zustand noch mehr erhöhter Erregbarkeit statt und dieser Uebergang bewirkt Erregung, die sich am motorischen Nerven durch eine Muskelzuckung am sensiblen durch eine Empfindung kundgiebt Bei der negativen Schwankung, die den Nullpunkt nicht erreicht, geht die verminderte Erregbarkeit über in weniger verminderte [1] und dieser Uebergang bewirkt ebenfalls eine den obigen Bedingungen entsprechende Erregung. Die Grösse der Schwankung kann für jede Stromgrösse so eingerichtet werden, dass sie stets eine minimale Muskelzuckung, d. h. eine stets gleiche Erregung ergiebt; denn

[1] Grützner (*Breslauer ärztliche Zeitschrift.* 1882. Nr. 23 und Plüger's *Archiv* u. s. w. 1883. Bd. XXXII. S. 357) und Tigerstedt (*Mittheilungen aus dem physiologischen Laboratorium des Carolin. medicinisch-chirurgischen Institutes in Stockholm.* 1882. Hft. 2) haben in neuerer Zeit die Ansicht aufgestellt, dass bei der Oeffnung des Stromes nicht das Verschwinden des Anelektrotonus, sondern der durch den sich schliessenden Polarisationsstrom erzeugte Katelektrotonus das erregende Moment abgebe. Schon Hermann hat hiergegen das schlagende Argument in der Thatsache der unvollständigen Oeffnungszuckung gefunden. Grützner vermuthet hiergegen (in seiner zweiten Arbeit), dass auch bei der unvollständigen Oeffnungszuckung eine Umkehr des Stromes stattfinde und giebt am Schlusse seiner Arbeit den Plan zu einem neuen Versuche, zu dessen Ausführung ihm die nöthigen Apparate fehlten und in welchem die Umkehr des Stromes zum Vorschein kommen sollte. Diesen Versuch habe ich mit allen von Grützner geforderten Cautelen ausgeführt und constatirt, dass sich sehr leicht unvollständige Oeffnungszuckungen darstellen lassen, bei denen in keinem Augenblick eine Umkehr des Stromes vorliegt. Da also bei diesen Erregungen Katelektrotonus überhaupt nicht entsteht, vielmehr die zu erregende Strecke im Zustand des Anelektrotonus vorbleibt, so kann hier das erregende Moment nur in dem Verschwinden des Anelektrotonus liegen. Die genaue Beschreibung dieses Versuches sowie eine Reihe von Untersuchungen über die Reizwirkungen des Polarisationsstromes gedenke ich bald zu veröffentlichen.

da hierbei die Uebertragung der Erregung auf den Muskel immer die gleiche ist, so kommen die Uebertragungsgesetze des Muskels, wie dies auch allgemein angenommen ist, nicht in Betracht; vielmehr dient der Muskel nur als ein stets gleichmässig wirkendes Signal, das anzeigt, dass ein Nervenvorgang von einer gewissen Stärke auf den Muskel übergegangen ist. Zur Controle kann noch als auf ein anderes Signal die Uebertragung der Erregung in der sensiblen Nervenfaser auf das Organ des Bewusstseins vorgenommen werden.

Da, wie oben constatirt, der physiologische Sinnesreiz die Erregbarkeit für seine Schwankung vermindert, so wird zunächst die Untersuchung der anelektrotonischen Zustände in Angriff genommen. Die nächste Aufgabe ist demnach, zu untersuchen, wie sich bei verschieden starken und zwar aufsteigenden Strömen, die negative Schwankung, die eine eben merkliche Zuckung auslöst, zu der Stromeshöhe verhält, von der sie ausgeht.

Die Lösung dieser Aufgabe ist bereits mehrfach Gegenstand der Bemühungen gewesen; nachdem die Frage nach dem Erfolg von Dichtigkeitsschwankungen des Stromes zuerst von du Bois-Reymond[1] aufgeworfen war, haben sich damit eine Reihe von Autoren beschäftigt, so Eckhard,[2] Pflüger,[3] O. Nasse,[4] Hermann.[5] Doch hatten diese Untersuchungen einen anderen Zweck und andere Gesichtspunkte; sie galten der Erforschung des Elektrotonus an sich, so dass die Ergebnisse derselben hier nur als allgemeine Anhaltspunkte Verwerthung finden können. Am nächsten unserer Aufgabe ist noch O. Nasse gekommen. Nasse untersuchte einen Quotienten, dessen Zähler die eine eben merkliche Zuckung auslösende Schwankung, dessen Nenner die Stromstärke ist, von der aus die Schwankung stattfand. Die Resultate waren: für positive Schwankungen nimmt dieser Quotient bei wachsender Stromstärke ab und zwar sehr rasch, um dann langsamer wieder zu steigen. Bei negativen Schwankungen nimmt der Quotient ebenfalls sehr rasch ab, um dann wieder sehr langsam zuzunehmen. Wie man sieht, sind diese allgemeinen Resultate nicht ausreichend, um unsere Frage zu beantworten, da hierzu die eingehende Kenntniss der Zahlenverhältnisse zur Vergleichung mit den bei den psychophysischen Untersuchungen gewonnenen durchaus erforderlich ist. Nach Nasse hat Hermann, der übrigens den Nasse'schen Quotienten, mit Rücksicht auf das Ziel der Untersuchung, unnatürlich und bedeutungslos nennt, das gesammte Gebiet

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* 1848. Bd. I. S. 293.

[2] *Beiträge zur Anatomie und Physiologie.* 1855.

[3] *Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus.* 1859.

[4] A. a. O., in einer vorläufigen Mittheilung; eine Fortsetzung ist leider nicht erschienen.

[5] A. a. O.

mit systematischer Vollständigkeit vom Standpunkt der Erforschung des Elektrotonus in Untersuchung genommen. Er erhielt als Ergebniss seiner Versuche: bei schwachen Bestandströmen für positive Schwankung erhöhte, bei starken verminderte Wirkung, dagegen für negative Schwankungen bei jeder Stromstärke herabgesetzte Wirkung; ein Resultat, das mit den Nasse'schen Untersuchungen, soweit sich beide Resultate decken, gut übereinstimmt.

Doch ist auch hierdurch unsere Frage nicht beantwortet; ich habe deshalb eine grössere Anzahl von Versuchen sowohl mit percutaner Reizung am Menschen, als an ausgeschnittenen Nerven hauptsächlich vom Frosche angestellt. Die ersteren Versuche wurden im Laboratorium der psychiatrischen Klinik in Strassburg i/E., die letzteren in der physikalischen Abtheilung des physiologischen Institutes in Berlin ausgeführt; ich erlaube mir an dieser Stelle, den Directoren dieser Institute, den HH. Professoren Jolly, du Bois-Reymond und A. Christiani für das bereitwillige Entgegenkommen und die Ueberlassung der Apparate meinen besten Dank auszusprechen.

Versuche am N. ischiadicus des Frosches.

Die Methode, die zur Herstellung negativer Schwankungen diente, bestand darin, dass in den geschlossenen Kreis eines galvanischen Stromes mit constanter Geschwindigkeit ein zweiter Strom geleitet wurde, der dem ersten entgegengesetzt gerichtet war. Zu diesem Zweck besass der erste Stromkreis, der als Dauerstrom bezeichnet sei, eine Contactvorrichtung, deren beide Endpunkte zugleich die Endpunkte des zweiten oder Schwankungsstromes bildeten. In geschlossenem Zustande trennte dieser Contact in der Art eines auf Null eingestellten Compensators beide Ströme vollständig von einander, wie dies auch die Bussole nachwies; bei der Oeffnung flossen beide Ströme zu einem einzigen Kreis zusammen, so dass dadurch im Kreise des Dauerstromes eine negative Schwankung erzeugt werden konnte. Diese Methode schien mir deshalb anderen vorzuziehen, weil sie die Möglichkeit realisirte, eine negative Schwankung durch Oeffnung eines Contactes zu erzielen, während sonst die Stromverminderung im Hauptkreis[1] durch Schliessung einer Nebenleitung hervorgerufen wird. Hierbei tritt aber, wie vielfache Prüfungen ergaben, der Uebelstand auf, dass bei Schluss des Contactes jede kleine Schwankung in dem Contact, in der

[1] Im Folgenden werden die Bezeichnungen Hauptkreis und Kettenkreis gleichbedeutend gebraucht für die Verbindung von Element und Rheochord; ebenso Nebenkreis und Nervenkreis für die Verbindung von Rheochord und Elektroden.

Hauptleitung eine unbeabsichtigte positive Nachschwankung bewirkt; diese ruft dann leicht Zuckungen hervor, welche irrthümlicher Weise der negativen Schwankung zugeschrieben werden.

Zur Abstufung der Stromstärke war jede der beiden Batterien mit einem Rheochord verbunden, welches als Nebenschliessung jeden der beiden Stromkreise in einen Haupt- und einen Nebenkreis theilte; die Verbindung des Dauerstromes mit dem Schwankungsstrom war derart, dass mittels der beschriebenen Contactvorrichtung der Nebenkreis des ersteren in den Nebenkreis des letzteren einmündete. Durch eine besondere Einrichtung, deren Beschreibung hier zu weit führen würde, und die man sich leicht construiren wird, war es ferner möglich, das Rheochord mittels Umlegen einer Wippe mit einem Compensator zu vertauschen, oder aber beide Instrumente so mit einander zu verbinden, dass mittels des Rheochordes die grobe Einstellung des Stromes und auf der Höhe dieser letzteren die feinere Abstufung mittels des Compensators bewerkstelligt werden konnte. Hierdurch war bezüglich der Stromstärke ein sehr weiter Spielraum gegeben.

Zur Messung der Stromstärke diente eine Wiedemann'sche Spiegelbussole, welche im Nervenkreis des Dauerstromes aufgestellt war; es befanden sich also in diesem Nervenstrom das Rheochord, der oben beschriebene Contact zur Einmündung des Schwankungsstromes, die unpolarisirbaren Elektroden und die Bussole.

Die Oeffnung des Contactes, durch welche die Schwankung bewirkt wurde, geschah durch den Pflüger'schen Fallhammer. Die elektromotorische Kraft wurde anfänglich von Daniell'schen Elementen geliefert; dieselben erwiesen sich jedoch den grossen Anforderungen gegenüber, welche an die Constanz des Stromes gestellt werden mussten, als ungenügend und wurden deshalb bald durch Raoult'sche Elemente ersetzt.

Die Versuche wurden nun folgendermaassen angestellt: Da es darauf ankam, die störenden Einwirkungen starker Ströme zu vermeiden, der untere Theil des Ischiadicus des Frosches aber in der Regel erst bei sehr viel höheren Strömen Oeffnungszuckungen zeigt, als der obere zwischen Plexus und Abgang der Oberschenkeläste gelegene Abschnitt, so wurde zumeist dieser letztere zur Untersuchung benützt. Nachdem zunächst die Gleichartigkeit der unpolarisirbaren Elektroden constatirt war, wurde der Nerv unter Controle der Bussole derart auf die Elektroden gelegt, dass die Einmündung von Eigenströmen in den Reizkreis vermieden war. Der Querschnitt des Nerven wurde durch Glimmer isolirt und war von der centralen Elektrode stets 1 ^{cm} weit entfernt; in einer Reihe von Controlversuchen unterblieb die Anlegung eines Querschnittes. Die Spannweite der Elektroden betrug in allen Versuchen etwa $^{1}/_{2}$ ^{cm}. Der M. gastroknemius war in der üblichen Weise in den du Bois-Reymond'schen Froschwecker

eingespannt, welcher jede minimale Zuckung durch ein akustisches Signal ankündigte. Da es sich herausstellte, dass bei einer Reihe von Nervenmuskelpraeparaten andere Muskeln des Unterschenkels schon bei viel schwächeren Strömen Oeffnungserregung zeigen, so wurde in einer Reihe von Versuchen der Unterschenkel in seiner Hautumhüllung belassen und die minimale Erregung an Zuckungen der Zehenmuskeln, Mm. peronaei u. s. w. beobachtet.[1]

Die Veränderungen der Erregbarkeit, welche sich während der Untersuchung durch secundäre Modification, Ermüdung und Absterben des Praeparates einstellen, machten gewisse Vorsichts- und Controlmaassregeln nöthig. Die zeitlichen Verhältnisse der Reizung waren dahin geregelt, dass die Schliessung des Stromes, von welchem die Schwankung stattfand, stets zehn Secunden andauerte. Nach jeder Einzelbestimmung ruhte der Nerv eine halbe Minute, worauf jedes Mal die Erregbarkeit für die vollständige Oeffnung des aufsteigenden Stromes geprüft wurde. Nach der Vollendung der ganzen Reihe geschah eine Wiederholung dreier Einzelbestimmungen und der Versuch wurde nur dann als gelungen verwerthet, wenn während des ganzen Verlaufes die Erregbarkeit sich nicht erheblich verändert hatte.

Die Ergebnisse der Versuche waren im Allgemeinen auffallend gleichförmig, so dass die Vorführung einer geringen Anzahl von Beispielen für den hier gegebenen Zweck genügen wird. Die Auswahl soll derart stattfinden, dass in den mitzutheilenden Versuchen die wesentlichsten Verschiedenheiten, die vorgefunden wurden, zur Anschauung kommen. Die Beispiele sind nach der verschiedenen Grösse des Quotienten $\frac{R}{r}$ geordnet.

R bedeutet die in Scalentheilen ausgedrückte Intensität des Stromes, von der aus die Schwankung stattfindet, r die Grösse der negativen Schwankung ebenfalls in Scalentheilen; Q den Quotienten $\frac{R}{r}$.

Versuch I.

Das Nervmuskelpraeparat, von einem grossen ungarischen Winterfrosch stammend, ist am Oberschenkelknochen und an den Malleolen befestigt, die Muskeln des Unterschenkels sind in situ belassen und mit der Hose bekleidet; keine Belastung. Der Muskel, der zuerst auf die Oeffnung des Stromes reagirt, ist der Strecker der mittleren Zehe; an diesem werden die Zuckungen beobachtet. Die übrigen Anordnungen sind die oben beschriebenen.

[1] Im Uebrigen habe ich zunächst von allen Fragen, die sich auf eine Variirung der Versuchsbedingungen beziehen (Spannweite der Elektroden, Existenz und Nähe des Querschnittes, Widerstand, Applicationsstelle u. s. w.) abgesehen und war vielmehr bemüht, die Versuchsbedingungen möglichst gleich zu halten.

Die erste vollständige Oeffnungszuckung findet bei einer Stromstärke von 130 sc statt, für verschiedene Stromstärken von R ergeben sich folgende Werthe von r:

Nr.	R	r	Q
1	130	130	1·00
2	200	148	1·35
3	250	180	1·39
4	300	205	1·41
5	350	235	1·49
6	400	267	1·49
7	450	300	1·50
8	500	320	1·56

Versuch II.

Das Praeparat ist auf die gewöhnliche Weise in einem mit feuchter Kammer versehenen du Bois-Reymond'schen Froschwecker befestigt. Die Belastung beträgt 10 grm. Sonst die gleichen Verhältnisse wie in Versuch I.

Nr.	R	r	Q
1	105	105	1·00
2	150	112	1·34
3	200	120	1·66
4	250	140	1·79
5	300	160	1·88
6	350	185	1·88
7	400	210	1·89
8	450	240	1·88
9	500	280	1·79

Versuch III.

Anordnung wie in Versuch I. Die Zuckungen werden am M. pronator pedis beobachtet.

Nr.	R	r	Q
1	45	45	1·00
2	100	50	2·00
3	150	74	2·03
4	200	104	1·92
5	250	140	1·79
6	300	150	2·00
7	350	130	2·69
8	400	140	2·84
9	500	150	3·33

Von dem sechsten Glied der Reihe an sind die unvollständigen Oeffnungszuckungen tetanisch; bei der vollständigen Oeffnung der entsprechenden Stromstärke tritt lange dauernde tonische Contractur des Muskels auf. Die Bestimmung der Schwankungsgrösse wird von dem sechsten Werthe an unsicher, da die Zuckung bald früher, bald später auftritt, während sie bis dahin mit grosser Praecision stets an einen bestimmten Werth gebunden war.

Bei den Versuchen I und II sind tetanische Reactionen nicht beobachtet worden.

Versuch IV.

Anordnung wie bei Versuch II.

Nr.	R	r	Q
1	20	20	1·00
2	50	22	2·27
3	100	50	2·00
4	150	71	2·11
5	200	90	2·22
6	250	135	1·85
7	300	145	2·07
8	400	180	2·22
9	500	240	2·08

Versuch V.

Anordnung wie bei Versuch II.

Nr.	R	r	Q
1	50	50	1·00
2	100	58	1·72
3	150	68	2·22
4	200	88	2·27
5	250	105	2·38
6	300	145	2·07
7	350	168	2·08
8	400	200	2·00
9	450	235	1·92
10	500	262	1·91
11	1000	100	0·00

Von dem siebenten Glied an zeigen sich tetanische Erscheinungen, wie sie in Versuch III beschrieben sind; bei den folgenden Gliedern verstärkt sich die Erscheinung. Bei dem zehnten Glied ist die Erregbarkeit nicht mehr constant; die Grösse der erregenden Schwankung geht nach einigem Geschlossensein des Stromes über von 262 auf 120. Die erste vollständige Oeffnungszuckung findet alsdann schon bei 20 sc statt. Bei 1000 sc entsteht bei der Oeffnung maximaler minutenlang anhaltender Tetanus. Die Erregbarkeit vermehrt sich unter der Stromesdauer immer mehr, so dass schliesslich ganz minimale, nicht mehr messbare positive und negative Schwankungen starke Zuckungen auslösen.

Versuch VI.

Anordnung wie bei Versuch II.

Nr.	R	r	Q
1	60	60	1·00
2	100	65	1·54
3	150	69	2·17
4	200	80	2·50
5	250	95	2·63
6	300	111	2·70
7	400	160	2·50
8	500	200	2·50

Keine tetanische Erscheinungen.

Versuch VII.

Anordnung wie bei Versuch I. Es wird die Zuckung des M. pronator teres beobachtet.

Nr.	R	r	Q
1	25	25	1·00
2	50	30	1·66
3	100	40	2·50
4	150	50	3·00
5	200	62	3·22
6	300	95	3·15
7	400	130	3·08

Bei dem Strom von 300 sc beginnt Oeffnungstetanus; bei 500 sc wird die Erregbarkeit unregelmässig, so dass der Werth von r einer genauen Bestimmung nicht unterzogen werden kann.

Versuch VIII.

Anordnung wie bei Versuch II.

Nr.	R	r	Q
1	20	20	1·00
2	50	22	2·27
3	100	35	2·86
4	150	55	2·73
5	200	60	3·33
6	250	81	3·09
7	300	122	2·46
8	400	200	2·00
9	500	480	1·04

Schon von 150 ^{sc} ab treten Tetanusbewegungen auf; bei 400 und 500 ^{sc} zeigt es sich, dass auch die vollständige Oeffnungszuckung schwächer ist, als bei 150 und 200 ^{sc}. Bei 500 ^{sc} ist die vollständige *OZ* ganz klein, bei einiger Steigerung des Stromes über 500 ^{sc} hinaus fehlt sie vollständig.

Betrachtet man nun das Ergebniss der Versuche, am bequemsten an den beigegebenen Curven,[1] bei welchen die Stromstärke auf der Abscissenaxe, die Grösse des Quotienten Q auf den entsprechenden Ordinaten aufgezeichnet ist, so zeigt zunächst ein Gesammtüberblick, dass, nach einem mehr oder weniger kurzen Anstieg die Curve für eine Reihe hintereinander gelegener Werthe von R mit der Abscisse annähernd parallel geht und dann diesen Verlauf verlässt und zwar in einer Richtung, die in verschiedenen Beispielen verschieden ist. Es ergiebt sich daraus eine Theilung der ganzen Reihe in drei Gebiete, deren Grenzen continuirlich in einander übergehen und deshalb auch im Folgenden nicht scharf bezeichnet werden können.

Das untere Gebiet beginnt mit dem Schwellenwerth, d. h. derjenigen Stromesgrösse, deren Quotient Q gleich Eins ist und charakterisirt sich durch ein relativ rasches Wachsen dieses Quotienten. Derselbe steigt von der Zahl Eins meist etwa zum Doppelten, selten Dreifachen seines Anfangswerthes an und erreicht seinen höchsten Werth, wenn R gleich dem Doppelten bis Vierfachen des Schwellenwerthes ist. Alsdann hält sich Q für

[1] Fig. 1—8, Taf. XII.

eine Reihe von R-Werthen auf constanter Höhe und diese Constanz bezeichnet das zweite Gebiet. Dasselbe erstreckt sich in Versuch II von dem Werth 250 sc bis zum Endwerth des Versuches, in Versuch III von 100 bis 200 sc, in Versuch IV von 50 sc durch die ganze Reihe, in Versuch V von 150 bis 250 sc, in Versuch VI von 200 und in Versuch VII von 150 sc bis zu den Endwerthen der Versuche. In Versuch I ist das constante Gebiet von dem vorhergehenden nicht genauer abzugrenzen, in Versuch VIII ist es zu Gunsten der beiden anderen Gebiete stark reducirt. Betrachtet man die Curve während dieses Stadiums genauer, so fällt eine sehr schwache Neigung zur Abscisse hin auf; eine Neigung, die übrigens so schwach ist, dass sie als eine rein zufällige bezeichnet werden müsste, wenn nicht in mehreren Versuchen eine Andeutung davon vorhanden wäre. Das dritte Gebiet, welches erst bei relativ hohen Stromstärken zu Stande kommt, und nur in wenigen der mitgetheilten Versuche erreicht ist (Versuch III, V und VIII) bietet Erscheinungen dar, die nicht mehr ganz regelmässig sind und deshalb auch einem genauen Ausdruck in Zahlen nicht zugänglich waren. Gewöhnlich sieht man im ersten Theile dieses Gebietes ein ziemlich schnelles Sinken von Q, erst bis auf Eins und alsdann in der Art, dass eine Reihe hintereinander gelegener Stromwerthe auch bei vollständiger Oeffnung überhaupt keine Erregung hervorrufen. (Lücke der Oeffnungszuckungen). Bei Anwendung noch stärkerer Ströme, meist aber auch schon einfach bei längerer Schliessungsdauer eines Stromes, dessen Oeffnung zuvor keine Erregung hervorbrachte, tritt nun, manchmal allmählich, manchmal ganz plötzlich ein Umsprung der verminderten in erhöhte Erregbarkeit ein. Es zeigen sich maximale Contracturen statt der einfachen Zuckungen, die geringsten Schwankungen auf der Höhe des Stromes bringen schon heftige Erregungen hervor (vgl. z. B. Versuch V bei 1000 sc), so dass der Quotient Q, der vielleicht vorher 2·0 betragen hat, nun plötzlich Werthe von 30·0 und mehr annimmt. Nach der Oeffnung ist eine langdauernde positive Modification, hier und da auch ein fast gänzlicher Untergang der Erregbarkeit zu constatiren. Nicht selten entgeht übrigens der erste Theil dieses Gebietes, vielleicht indem derselbe zwischen zwei untersuchte Werthe von R zu liegen kommt, der Beobachtung und man hat alsdann einen directen Uebergang aus dem constanten Gebiet in das Gebiet erhöhter Erregbarkeit. Ausser dem Verhalten des Quotienten Q ist dem dritten Gebiet eigenthümlich: die Unregelmässigkeit der Erscheinungen, die Unbeständigkeit der Erregbarkeit und das häufige Auftreten tetanischer Erscheinungen.

Ueber die relative Ausdehnung der drei Gebiete und über die Bedeutung der Grenzen derselben ist Folgendes zu bemerken. Das untere Gebiet nimmt bei verschiedenen Nerven eine verschieden grosse Ausdehnung ein. Diese Verschiedenheit steht, wie schon aus den mitgetheilten Ver-

suchen ersichtlich, nicht im Zusammenhang mit der Grösse des Schwellenwerthes; die obere Grenze des ersten Gebietes tritt bald beim Doppelten, bald erst beim Vierfachen des Schwellenwerthes ein. Dagegen lässt sich eine gewisse Beziehung zu der Grösse von Q leicht erkennen. Man kann im Allgemeinen als Regel aufstellen, dass der erste Werth in der Reihe, der zu dem zweiten Gebiet gehört, sich als ein um so geringeres Multiplum des Schwellenwerthes ergiebt, je kleiner das Maximum von Q ist.

Eine wichtige Frage ist die nach der Bedeutung des unteren Gebietes um so mehr, als das Weber'sche Gesetz an seiner sogen. unteren Grenze vollständig analoge Verhältnisse — nämlich ein Wachsen der Unterschiedsempfindlichkeit — aufweist, die bisher zu weit auseinandergehenden Ansichten Veranlassung gegeben haben. Wie aus dem Bisherigen sich sehr einfach übersehen lässt, ist das Dasein des unteren Gebietes folgendermaassen aufzufassen. Dass der Quotient Q nicht von vornherein durch die ganze Reihe ein constanter sein kann, sondern zuvor wachsende Werthe annehmen muss, geht hervor aus der Existenz zweier Thatsachen, welche übrigens auch für die physiologische Sinnesreizung Gültigkeit haben und also auch für dieses Gebiet eine gleiche Erklärung fordern. Es sind dies die Thatsache der Schwelle und die Thatsache, dass der Quotient Q in einem bestimmten Theil der Reihe Werthe annimmt, die grösser sind als Eins. Da Q für den Schwellenwerth gleich Eins ist, was bedeutet, dass die vollständige Schwankung dieses Reizes auf Null eine minimale Erregung verursacht, so müssten, wenn Q durch die ganze Reihe constant bliebe, sich nun die sämmtlichen übrigen Schwankungsgrössen ebenso verhalten, d. h. die volle Schwankung eines Reizes von beliebiger Grösse auf Null müsste stets nur eine minimale, gleiche Erregung hervorrufen. Gehen wir in entgegengesetzter Richtung von dem constanten Gebiete aus nach der Schwelle, so könnte unter derselben Voraussetzung der Constanz von Q die Schwelle niemals erreicht werden, da für diese der Werth Eins charakteristisch ist.. Irgendwo in der Reihe muss also ein Uebergang des Quotienten des Schwellenwerthes in den Quotienten des constanten Gebietes stattfinden und das erste Gebiet ist der Ausdruck dieses Ueberganges.

Die relative Ausdehnung des zweiten Gebietes ist ebenfalls für verschiedene Nerven verschieden gross. In einer Anzahl von Versuchen tritt die obere Grenze des Gebietes etwa beim Zehnfachen des Schwellenwerthes auf, in anderen ist selbst beim 25 fachen desselben eine wesentliche Veränderung von Q noch nicht zu bemerken. Die Ursache des Eintrittes des dritten Gebietes wird man ungezwungen in den zerstörenden Einwirkungen suchen können, welche starke Ströme bekanntlich auf den Nerven ausüben, wofür die oben beschriebenen Reactionsweisen der Nerven eine hinlängliche Stütze abgeben. Es ist nicht unmöglich, dass auch schon in dem Bereich

des zweiten Gebietes derartige Einwirkungen sich einmischen und dass die dort stattfindende geringfügige Abnahme von Q als eine Annäherung an die Erscheinungen des dritten Gebietes aufzufassen ist.

Versuche an ausgeschnittenen Nerven warmblütiger Thiere.

In den folgenden Versuchen handelte es sich im Wesentlichen um eine Controlirung der bisherigen Ergebnisse, so dass ich mich mit einer sehr geringen Anzahl von Versuchen um so eher begnügte, als die Methode hier erhebliche Fehlerquellen mit sich bringt, die bei den Versuchen am Frosch nicht vorhanden sind. Um die unpolarisirbaren Elektroden an den blossgelegten, nicht durchschnittenen N. ischiadicus eines Kaninchens anzulegen, muss der Nervenstamm beinahe in seiner ganzen Ausdehnung frei praeparirt sein. Alsdann findet aber durch Absterben des Nerven sehr viel rascher Aenderung der Erregbarkeit statt, als dies beim Froschnerven zu geschehen pflegt. In den Muskeln treten in Folge dessen Zuckungen und Spasmen auf, welche die Versuchszeit nur sehr kurz bemessen lassen. Auch die Resistenz dieser Nerven gegen die galvanische Durchströmung ist eine verhältnissmässig geringe; schon bei der Oeffnung ganz schwacher Ströme zeigen sich Tetanuserscheinungen, die bald stärker werden. Ferner bringt die Art, wie die Elektroden an den in der Wunde liegenden, auf Glimmer isolirten Nerven angelegt werden, es mit sich, dass trotz aller Vorsichtsmaassregeln eine gelegentliche Verschiebung der Elektroden nicht leicht vollständig zu vermeiden ist.

Trotz dieser Fehlerquellen wird man doch in den folgenden Beispielen dasselbe Gesetz, welches für den Froschnerven gilt, sich ohne wesentliche Verschiedenheiten wiederholen sehen; nur war im Allgemeinen beim Meerschweinchen und Kaninchen der Quotient Q etwas grösser als beim Frosch, was übrigens möglicherweise auch von dem schnelleren Absterbeprocess abhängen kann.

Versuch IX.

N. ischiadicus eines Meerschweinchens, dessen Rückenmark etwa in der Mitte der Brustwirbelsäule durchtrennt ist. Die untere Elektrode etwa $^1/_2$ cm oberhalb der unteren Theilungsstelle, Spannweite 1 cm. Der Nerv ist nicht durchschnitten. Die Beobachtung der Zuckung findet am M. gastroknemius statt.

Nr.	R	r	Q
1	35	35	1·00
2	80	40	2·00
3	100	45	2·22
4	150	60	2·50
5	200	75	2·66
6	300	128	2·34
7	400	180	2·22

Von $R = 200$ treten leichte tetanische Erscheinungen bei der vollständigen Oeffnung des Stromes auf; dieselben betreffen jedoch nicht den Gastroknemius, sondern die Strecker der Zehen.

Versuch X.

N. ischiadicus eines Kaninchens. Anordnung wie im vorigen Versuch. Die Zuckungen werden in dem Strecker der ersten Zehe beobachtet; in diesem Muskel erfolgt die Oeffnungszuckung vor der Schliessungszuckung (SZ bei 60 sc).

Nr.	R	r	Q
1	45	45	1·00
2	100	55	1·80
3	150	60	2·50
4	200	73	2·74
5	300	95	3.15
6	400	127	3·15
7	500	160	3·13

Von $R = 300$ Sec. ab Tetanus bei vollständiger Oeffnung des Stromes.

Versuch XI.

Dieselben Verhältnisse wie in Versuch II. Die Zuckungen werden in dem Beuger der zweiten Zehe beobachtet.

Nr.	R	r	Q
1	12	12	1·00
2	50	16	3·13
3	100	32	3·13
4	200	62	3·23
5	300	100	3·00
6	400	150	2·66

Tetanusbewegungen schon von $R = 100^{sc}$ ab. Bei der vollständigen Oeffnung eines Stromes von 300 und 400^{sc} maximaler minutenlanger Tetanus in Form von Spreizstellung der ganzen Pfote.

Versuche am Menschen.

Es sind zwei Gründe, die es von Wichtigkeit erscheinen lassen, die bisherigen Versuchsergebnisse bei percutaner Reizung der Nerven des Menschen bestätigt zu sehen. Erstens bietet die percutane Durchströmung die Möglichkeit, den Nerven in seinem natürlichen Zustand, unter rein physiologischen Bedingungen zu reizen und dadurch alle jene störenden Einflüsse, welche durch das Ausschneiden und Absterben des Nerven hervorgerufen werden, und deren Wirkung wir zum Theil schon kennen gelernt haben, auszuschliessen. Eine Controle dieser Einflüsse ist aber um so nothwendiger, als nach der Behauptung einiger Autoren gerade bezüglich der Oeffnungserregung der in situ belassene Nerv wesentlich andere Reactionen zeigen soll, als der ausgeschnittene und die zu untersuchende Gesetzmässigkeit sich gemäss der veranlassenden Fragestellung wesentlich auf die Reizung des normalen lebenden Nerven zu beziehen hat. Zweitens wird die Untersuchung hier eine weitere Ausdehnung erfahren können, da beim Menschen auch der sensible Nerv denselben Versuchsbedingungen sich unterwerfen lässt, wie dies bis jetzt am motorischen Nerven geschehen ist. Und damit wird von vornherein allen jenen Einwänden begegnet werden, die gegen die Uebertragung von Gesetzen des centrifugalen Nerven auf centripetale Nerven oder nervöse Apparate gerichtet sind.[1]

Man könnte leicht denken dass diese Vortheile gegenüber den bekannten Unsicherheiten der percutanen Methode illusorisch würden. Aber die mitzutheilenden Versuche werden vielleicht gerade dadurch noch ein weiteres Interesse erwecken, dass es sich zeigen wird, wie wenig diese Methode der Reizmethode am ausgeschnittenen Nerven an Genauigkeit nachgiebt, sobald man eine Reihe sehr einfacher Vorsichtsmaassregeln in Anwendung bringt.

Es ist zunächst daran zu erinnern, dass derjenige Antheil des Stromes, der den Nervenstrom trifft, für die folgende Untersuchung nicht in seiner absoluten, sondern nur in seiner relativen Grösse bekannt sein muss, d. h. nur im Vergleich zu anderen Stromesintensitäten; die Untersuchung ist ausführbar, wenn man mit Sicherheit sagen kann, wie viel mal stärker der Nerv von dem einen Strom durchflossen wird, als von einem anderen. Hierzu ist vor allem nöthig, dass weder eine Verschiebung der Elektroden

[1] Fechner, *Göttinger gelehrte Anzeigen.* 1878. S. 821. St. 26.

noch der zu reizenden Organe unter der Haut stattfinde. Der erstere Umstand, der meines Erachtens bis jetzt eine der hauptsächlichsten Ursachen der Unsicherheiten der percutanen Methode war, da in der That Verschiebungen einer Elektrode um ein Millimeter oft schon hinreichen, um gänzlich veränderte elektrische Verhältnisse zu schaffen, ist in diesen Versuchen gehoben durch die von Hrn. Prof. Jolly construirten fixirbaren Elektroden, welche sich durch ein ausserordentlich constantes Festhaften auszeichnen. Um Verschiebungen der zu reizenden Organe unter der Haut zu verhüten, wurde das betreffende Glied sorgfältig in einem Schienenverband befestigt; ausserdem werden für die Application der differenten Elektrode solche Punkte gewählt, von denen aus nicht die direct unterliegenden, sondern benachbarte Muskelbündel zuckten und vor Beginn des Versuches suchte ich durch einige kräftige Zuckungen die Elektrode von labileren Lagen zu stabileren zu verschieben. Während des Versuches selbst wurden überminimale Zuckungen möglichst vermieden; das Einstellen des Stromes geschah durch Einschleichen und die minimale unvollständige OZ suchte ich zunächst stets von schwachen Schwankungen zu stärkeren auf. Schon die schwächsten Erschütterungen des Muskels konnten controlirt werden durch einen über den zuckenden Muskelbündeln befestigten kleinen Spiegel, der ein Fensterkreuz reflectirte.

Eine weitere grosse Schwierigkeit bei percutanen Versuchen liegt in der Veränderlichkeit des Widerstandes, die in der That eine ganze Reihe von Vorarbeiten erforderte, von denen hier nur die wesentlichsten Ergebnisse mitgetheilt werden können. Bekanntlich wird der Leitungswiderstand pes Organismus durch die Einwirkung eines galvanischen Stromes ungemein stark vermindert und zwar um so mehr, je stärker und je länger der Strom einwirkt. Man kann nun eine gewisse Constanz des Widerstandes erreichen, wenn man einen stärkeren Strom mehrere Minuten hindurch geschlossen hält, insofern als dann für eine bestimmte Stromstärke der Widerstand längere Zeit derselbe bleibt; aber für verschiedene Stromstärken ist der Widerstand auch dann noch immer nicht derselbe, sondern für einen stärkeren Strom ist er geringer, für einen schwächeren Strom grösser. Findet man, um ein Beispiel zu geben, welches der Anordnung der folgenden Versuche entspricht, anfänglich bei einem Strom von 1 ^{ma} den Widerstand $W_1 = 80000$ SE, und gleich darauf bei 10 ^{ma} $W_2 = 7000$ SE und lässt nun den Strom von 10 ^{ma} längere Zeit wirken, so findet eine Annäherung von W_1 an W_2 statt, welche nach einigen Minuten ein Maximum erreicht, das sich nun bei noch längerer Stromesdauer kaum mehr verändert; der Widerstand ist dann für den Strom von 1 ^{ma} auf ca. 9500 bis 10000 gefallen, während bei 10 ^{ma} immer noch ein $W = 7000$ vorhanden ist und die zwischen 1 und 10 ^{ma} liegenden Stromstärken entsprechende Widerstände aufweisen.

Nimmt man nun in dem Bereich der Stromstärken von 1—10 ^{ma} eine Schwankung vor, so wird die Endstromstärke bei einem anderen Widerstand abgelesen, als bei welchem die Schwankung, die natürlich momentan abläuft, erfolgt war und es resultiren für die galvonometrische Messung dieser Schwankung folgende Sätze:

1) Jede positive Schwankung erscheint auf dem Galvanometer grösser als sie es in Wirklichkeit ist, weil der Endwerth bei einem geringeren Widerstand abgelesen wird, als bei welchem die Schwankung verlief. Addirt man zwei Ströme von gegebener Grösse, so erhält man einen Strom, der nicht gleich der Summe der beiden Ströme, sondern grösser ist als diese.

2) Jede unvollständige negative Schwankung wird auf dem Galvanometer ebenfalls zu gross erscheinen, weil der Endwerth bei einem zu grossen Widerstand, folglich zu klein abgelesen wird. Nur die vollständige negative Schwankung wird auf dem Galvanometer in ihrer wirklichen Grösse abgelesen.

Diese Widerstandsänderungen könnten nun leicht unschädlich gemacht werden, entweder durch Messung und Berechnung oder durch Einführung eines unverhältnissmässig grösseren Widerstandes, als ihn der menschliche Körper bietet; und in der That würde an diesen Widerstandsuntersuchungen wenig Interesse hängen, wenn durch jene Maassregeln ein anderer aus den Aenderungen des Widerstandes resultirender Fehler ebenso gut gehoben werden könnte, als er vielmehr damit verdeckt würde. Wenn nämlich bei hohen Stromstärken andere Widerstandsverhältnisse des durchströmten Gebietes vorliegen, als bei niederen und, was als höchst wahrscheinlich angenommen werden muss, der Nerv selbst nicht in ebendemselben Maasse an der Widerstandsänderung theilnimmt wie die ihn umgebenden Gewebe, die einer grösseren Blutzufuhr und Durchfeuchtung fähig sind, so wird bei hohen Strömen eine geringere Quote des Gesammtstromes durch den Nerven gehen als bei schwachen und das Maass der relativen Stromstärke würde uns damit aus der Hand sinken. Ueber die Grösse dieses Fehlers, der ohne Zweifel bei allen Schwankungsversuchen mit unterläuft, ist schwer etwas Bestimmtes zu sagen. Während der Widerstandsfehler gemessen und berechnet werden kann (wobei er nebenbei gesagt sich für die fraglichen Untersuchungen als fast verschwindend klein herausstellt), so kann die Grösse des zuletzt erwähnten Fehlers eigentlich nur durch einen Vergleich der percutan zu gewinnenden mit den schon mitgetheilten Ergebnissen geschätzt werden. Zu bedenken ist dabei, dass die Widerstandsänderung nur zum geringsten Theil ihren Sitz in den dem Nerven umliegenden Gewebe, zumeist aber und besonders da wo der Nerv, wie z. B. der N. peronaeus, direct zwischen Haut und Knochen liegt, in der bedeckenden Haut hat; und ferner dass der fragliche Fehler bei allen Gliedern der Reihe in nahezu

gleichem Maasse vorhanden sein kann, so dass es nicht erstaunlich ist, denselben so gering zu finden, wie er aus den mitzutheilenden Versuchen hervorgehen wird.[1]

Die Anordnung des Apparates war nun für die Versuche mit percutaner Durchströmung eine ganz analoge, wie in den Versuchen am ausgeschnittenen Nerven, nur dass die Stromstärke nicht mittels des Principes der Nebenschliessung, sondern durch die Anzahl der Elemente bestimmt wurde. Für den Dauerstrom diente eine Batterie von 30 bis 60 Elementen Stöhrer, für den Schwankungsstrom eine Batterie von 60 Leclanché Elementen. In dem Stromkreise befand sich kein besonders grosser Widerstand, weil sonst die Elementenzahl zu sehr hätte vermehrt werden müssen. Der Widerstand wurde, soweit es möglich ist, dadurch constant gemacht, dass vor Beginn des Versuches ein starker Strom längere Zeit einwirkte. Die Elektroden waren nicht unpolarisirbar; ich hatte mich durch Controlversuche überzeugt, dass der Fehler durch äussere Polarisation nur ein verschwindender war. Als differente Elektrode verwendete ich eine kleine rechteckige Platte von 1·5 : 3·0 ^{cm}. Den bekannten Principien der „polaren Methode“ gemäss war diese Elektrode stets die Anode des Stromes. Die indifferente Kathode war eine grosse Platte von 6:16 ^{cm}, die in der

[1] Eine Fehlerquelle, deren Erwähnung ich vergeblich in der physiologischen und elektrotherapeutischen Litteratur gesucht habe, besteht darin, dass bei gleicher Stromstärke der Reizeffect sich ändert mit der Aenderung der Grösse des im Stromkreise vorhandenen Widerstandes. Bestimmt man mit einer Anordnung von Batterie Einheitsgalvanometer und Unterbrecher mit allen Cautelen diejenige Stromstärke, bei der die erste minimale Schliessungszuckung auftritt, und bringt nun in den Stromkreis einen Zinkrheostaten von vielleicht 6000 bis 10000 *SE* (während der Widerstand des Körpers etwa 10000 *SE* betragen soll) und fügt so viele Elemente zu, dass die frühere Stromstärke wieder hergestellt ist, so wird man mit Erstaunen sehen, dass die Schliessung jetzt keine Zuckung hervorbringt. Richtet man die Anordnung mittels zweier Batterien so ein, dass durch das Umlegen einer Wippe rasch hintereinander der Strom einmal durch den Rheostaten, einmal durch rein metallische Leitung zu den Elektroden gelangt, so wird man abwechselnd bei derselben Stromstärke einmal Zuckung erhalten, das andere Mal nicht; vielmehr muss der dem Rheostaten zugehörige Strom verstärkt werden und zwar bei verschiedenen Muskeln sehr verschieden stark, hier und da nur wenig, nicht selten aber bis zum Doppelten derjenigen Stromstärke, die bei metallischer Leitung schon Zuckung auslöst. Bei der Anordnung für den sensiblen Nerven (vgl. S. 295) tritt dies Verhalten sehr schön hervor. Man fühlt bei der Schwankung das eine Mal einen Blitz in den Gelenken und Nervenstämmen, das andere Mal nur ein langsam eintretendes schwaches Hautbrennen.

Widerstände in Nebenschliessung zeigen keine derartige Wirkung.

Die Erscheinung beruht nach einem physikalischen Satz darauf, dass der Widerstand die Plötzlichkeit der Schliessungsschwankung verlangsamt, wie er die ganze Schwankung verzögert.

Regel centralwärts von der differenten befestigt war; doch sah ich eine irgend wesentliche Verschiedenheit der Resultate aus einer peripheren Application derselben nicht hervorgehen.

Die Stromstärke wurde mittels des Edelmann'schen Einheitsgalvanometers gemessen. R und r sind in Milliampères ausgedrückt.

Die Art, wie die Versuche ausgeführt werden, war in den übrigen Punkten genau dieselbe, wie sie oben bei den Versuchen am Frosch beschrieben ist.

Versuch XII.

Anode über dem r. N. peronaeus am Capitulum fibulae. Kathode quer am Oberschenkel. 1. $ASZ = AOZ$ bei $1 \cdot 5^{\text{ma}}$. Die Zuckungen zeigen sich in Bündeln des Musc. peronaeus longus.

Nr.	R	r	Q
1	1·5	1·5	1·00
2	2·0	1·6	1·25
3	3·0	2·2	1·37
4	4·0	3·3	1·21
5	5·0	4·3	1·16
6	6·0	4·8	1·25
7	7·0	5·8	1·21
8	8·0	7·0	1·14
9	9·0	8·0	1·12
10	10·0	8·5	1·18

Versuch XIII.

Anode über dem l. N. peronaeus am Cap. fib. derselben Versuchsperson.

Nr.	R	r	Q
1	2·5	2·5	1·00
2	3·0	2·9	1·03
3	4·0	3·5	1·14
4	5·0	4·2	1·19
5	6·0	4·8	1·25
6	7·0	4·8	1·45
7	8·0	5·7	1·40
8	9·0	6·4	1·41
9	10·0	8·2	1·22

Versuch XIV.

Anode über dem motorischen Punkt des r. M. deltoideus. Kathode am l. Oberarm.

Nr.	R	r	Q
1	2·0	2·0	1·00
2	3·0	2·2	1·37
3	4·0	2·5	1·60
4	5·0	3·1	1·61
5	6·0	4·0	1·50
6	7·0	4·6	1·52
7	8·0	5·5	1·45
8	9·0	5·9	1·52
9	10·0	6·4	1·56

Versuch XV.

Anode im Sulcus bicipitalis int. r. Zuckungen im Musc. biceps. Kathode an der Hinterseite des Oberarms.

Nr.	R	r	Q
1	0·5	0·5	1·00
2	1·0	0·6	1·66
3	2·0	0·9	2·22
4	3·0	1·4	2·14
5	4·0	1·7	2·35
6	5·0	2·0	2·50
7	6·0	2·9	2·07
8	7·0	3·5	2·00
9	8·0	3·7	2·16
10	9·0	4·1	2·19
11	10·0	6·7	1·49

Versuch XVI.

Dieselbe Anordnung bei einem anderen Individuum.

Nr.	R	r	Q
1	0·4	0·4	1·00
2	1·0	0·7	1·43
3	2·0	0·8	2·50
4	3·0	1·0	3·00

(Versuch XVI. Fortsetzung.)

Nr.	R	r	Q
5	4·0	1·0	4·00
6	5·0	1·2	4·17
7	6·0	1·2	5·00
8	7·0	1·4	5·00
9	8·0	1·6	5·00
10	9·0	2·0	4·50
11	10·0	2·2	4·55

Vergleicht man diese Versuche mit den am ausgeschnittenen Nerven angestellten, so erkennt man, dass mit Annahme der absoluten Grösse von Q und abgesehen von einer etwas grösseren Unregelmässigkeit der Zahlen in den ersteren, die wesentlichen Ergebnisse in beiden Versuchsreihen genau die gleichen sind. Das anfängliche schnelle Wachsen des Quotienten Q, die darauf folgende Constanz und selbst eine leichte Abnahme derselben bei den stärksten Strömen tritt in den soeben mitgetheilten Versuchen deutlich hervor. Selbst in der relativen Ausdehnung der zwei ersten Gebiete zeigen sich jene Verhältnisse wieder, wie wir sie oben kennen gelernt haben. Nur das dritte Gebiet, dessen Eintritt wir von der Anwendung zerstörend starker Ströme abhängig sahen, ist hier nirgends erreicht worden. Und in der That besteht bei Versuchen am Menschen gegen die Anwendung von Strömen mit derartigen Nebenwirkungen eine schützende Grenze, die sich in dem von der Durchströmung hervorgerufenen Schmerz und hier und da sogar in einer leichten Arrodirung der Haut deutlich markirt. Von den meisten Versuchspersonen wurden Ströme über 10ma, die durch den kleinen Querschnitt der differenten Elektrode flossen, sehr unangenehm empfunden und zum Theil nur mit Anstrengung ertragen und die Oeffnungszuckungen bei plötzlicher Unterbrechung eines solchen Stromes waren so heftig, wie sie von den betreffenden Personen durch Willensimpulse nur schwer hervorgerufen werden konnten.

Versuche an sensiblen Nerven.

Bei den Versuchen am sensiblen Nerven soll die bei der Schwankung ablaufende Nervenerregung dadurch gleich gehalten werden, dass sie in dem Bewusstsein der Versuchsperso nstets eine eben merkliche Empfindung hervorruft; die bisher beobachtete minimale Muskelzuckung soll durch diese eben merkliche Empfindung vertreten werden. Zu diesem Zweck ist zunächst eine Schwierigkeit zu überwinden. Wenn man den constanten Strom durch

zwei beliebige Stellen der Haut den sensiblen Nerven zuführt, so tritt an diesen Stellen, über denen die Elektroden applicirt sind, das Gefühl eines je nach der Stromstärke mehr oder weniger intensiven Brennens auf. Diejenigen Angaben nun, welche sich auf dieses Gefühl beziehen, sind für unsere Zwecke nicht zu gebrauchen. Denn das in der Haut verspürte Brennen ist mehr eine Function der Stromstärke und der Schliessungsdauer als der Schwankung; ja es dauert sogar nach einer vollständigen Oeffnung des Stromes noch eine Weile, hier und da in fast gleicher Intensität an; kann also nicht nur nicht als Schwankungsempfindung benützt werden, sondern ist vielmehr als diese beeinträchtigend möglichst zu eliminiren. Als Schwankungsempfindung ist jener blitzartige Schlag anzusprechen, welcher bei Bewegungen des Stromes die Gegenden der Gelenke und der Nervenstämme in so sehr charakteristischer Weise durchzuckt.

Um das Hautbrennen unschädlich zu machen, wählte ich zwei sehr grosse Elektroden (8:16 cm), die den aufzunehmenden Strom auf eine möglichst grosse Hautoberfläche vertheilten und setzte diese Elektroden so an, dass das Blitzgefühl sich in einem Nervenstamme an einer Stelle manifestirte, von welcher beide Elektroden weit entfernt lagen. Die Elektroden waren z. B. an beiden Vorderarmen oder an einem Vorderarm um das Handgelenk und unter der Achselhöhle befestigt, wobei der Blitz längs des N. ulnaris in der Gegend des Condylus internus verspürt wurde. Um aber die Aufmerksamkeit gänzlich von den Hautgefühlen abzuziehen, war es noch nöthig, mit dem Strome nicht über eine gewisse Höhe hinauszugehen, da die Angaben bei einem noch ganz wohl erträglichen Hautbrennen in der Regel wankend wurden.

Ferner ist bei diesen Versuchen sorgfältig darauf zu achten, dass durch die Schwankungen nicht etwa Muskelzuckungen hervorgerufen werden; daraus würde lediglich das Gesetz des motorischen Nerven hervorgehen und zwar getrübt durch alle die Fehler, welche der subjectiven Beobachtung anhaften.

Versuch XVII.

Anode unter der Achselhöhle, quer um den Oberarm, Kathode quer um die Mitte des Vorderarmes. Der Blitz wird von dem Condylus internus in den kleinen Finger schiessend localisirt.

Nr.	R	r	Q
1	2.0	2·0	1·00
2	4·0	3·0	1.33
3	6·0	3·8	1·58
4	8·0	5·0	1·60
5	10·0	6·0	1·66

Versuch XVIII.

Dieselbe Anordnung an einem anderen Individuum.

Nr.	R	r	Q
1	2·6	2·6	1·00
2	3·0	2·8	1·07
3	4·5	3·5	1·29
4	6·0	5·0	1·20
5	7·5	5·5	1·36
6	9·0	5·5	1·64
7	10·5	6·4	1·48

Das folgende Beispiel, an einem motorischen Nerven gewonnen, ist dadadurch interessant, dass es mit dem soeben mitgetheilten dieselben Erregbarkeitsverhältnisse theilt. Ein Vergleich beider lässt die Uebereinstimmung sehr deutlich hervortreten.

Versuch XIX.

Nr.	R	r	Q
1	2·4	2·4	1·00
2	3·0	2·6	1·15
3	4·0	3·5	1·14
4	5·0	4·0	1·25
5	6·0	4·8	1·25
6	7·0	4·8	1·46
7	8·0	5·0	1·60
8	9·0	5·0	1·80
9	10·0	6·0	1·66

Ausser an den Nerven der Extremitäten habe ich noch einige Versuche am N. opticus angestellt, welche mit den mitgetheilten in guter Uebereinstimmung waren.

Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, dass die sensiblen Nerven demselben Gesetz unterworfen sind, welches an den motorischen festgestellt worden ist.

Die Betrachtung des Quotienten Q erstreckte sich bis jetzt lediglich auf eine Reihe hintereinander gelegener Werthe von R bei einem und demselben Nerven; es bleibt nun noch übrig, die Quotienten Q von verschie-

denen Nerven einem Vergleich zu unterziehen. Wählen wir zu diesem Zweck denjenigen Werth, den Q in dem constanten Gebiete, wie es oben definirt worden ist, erreicht, so zeigt sich, dass zunächst bei einer Vergleichung der Versuche am Frosch, der fragliche Werth nicht nur bei einem und demselben Nerven die Bedeutung einer approximativ constanten Zahl hat, sondern auch bei sämmtlichen Nerven; und zwar belief sich bei unserer Versuchsanordnung diese constante Zahl bei fast allen Nerven auf ca. 2·0 und erreichte in ihren grössten Schwankungen, die nur ausnahmsweise beobachtet wurden, Werthe von 1·5 und 3·3. Im Allgemeinen lässt sich also sagen, dass dann eine minimale Zuckung entsteht, wenn ein aufsteigender Strom mit einer bestimmten Geschwindigkeit um ungefähr die Hälfte seiner Grösse vermindert wird.

Beim Kaninchen und Meerschweinchen war der constante Quotient im Allgemeinen etwas grösser und lässt sich approximativ auf ungefähr 3·0 angeben.

In den Versuchen am Menschen sind die grossen Verschiedenheiten in der Grösse von Q bei den verschiedenen Nerven auffallend, Verschiedenheiten, die sich von fast der Eins bis auf über 5·0 belaufen. Doch ist dieser Umstand in der percutanen Methode begründet und im Zusammenhang mit der verschiedenen Zugänglichkeit der einzelnen Nerven für den Strom. Der Werth von Q ist nämlich um so grösser, je grösser die Quote des Gesammtstromes ist, die den Nerven trifft. Man kann deshalb die Grösse von Q durch Vergrösserung oder Verkleinerung der differenten Elektrode beliebig verändern. Mit diesem Umstand hängt ferner ein annäherndes Parallelgehen der Grösse des Schwellenwerthes mit der Grösse von Q zusammen, wie dies aus den mitgetheilten Versuchen hervorgeht; ein Verhältniss, dass also nicht in Beziehung gebracht werden darf mit dem sog. Parallelgesetz, welches später kurz zu besprechen sein wird. Hier muss nur festgestellt werden, dass an denjenigen Stellen, an denen der Nerv dem Strom besonders zugänglich ist, die Stromverminderung häufig nur $^1/_5$ betragen kann, um schon eine Zuckung hervorzurufen. Die Erregbarkeit der Nerven des Menschen wäre also eine besonders hohe; doch ist diese anscheinend sehr werthvolle Kenntniss nicht ohne weitere und ziemlich umständliche Untersuchungen zu verwerthen. Die Grösse von Q ist abhängig erstens von der Erregbarkeit des gereizten Nerven und zweitens von der Geschwindigkeit des Anstieges oder Abstieges der Schwankungscurve. Diese letztere ist abhängig nicht nur von dem Schliessungsmechanismus, sondern auch von dem Widerstand, den der Strom zu durchfliessen hat[1] und der bei percutanen Versuchen ein besonders geringer ist. Die Versuche müssten

---

[1] Vergl. S. 291.

also so angestellt werden, dass für alle zu untersuchenden Nerven dieselben Widerstände hergestellt würden. Zugleich müssten aber, um die Frage definitiv zu beantworten, sämmtliche Versuchsbedingungen gleich gehalten werden, so z. B. besonders die Länge der durchflossenen Strecke und alle jene Einflüsse, auf welche schon oben aufmerksam gemacht worden ist.

Jedenfalls ist hier die Thatsache zu notiren, die sich noch deutlicher aus später mitzutheilenden Versuchen ergeben wird,[1] dass innerhalb einer Thierspecies der Quotient Q eine approximativ constante Zahl für die peripheren Nerven darstellt.

Eine andere Aufgabe, deren definitive Lösung ebenfalls noch weiteren Untersuchungen vorbehalten bleibt, ist folgende. Fechner hat bekanntlich unter dem Namen „Parallelgesetz zum Weber'schen Gesetz" einen Satz aufgestellt, der sich auf das Verhältniss der Reizbarkeit zur Unterschiedsempfindlichkeit bezieht und aussagt, dass, wenn sich die Empfindlichkeit für zwei Reize in gleichem Verhältniss ändert, doch die Empfindung ihres Unterschiedes sich gleich bleibt. Auf unseren Fall angewendet, würde die Frage nach dem Parallelgesetz des peripheren Nerven lauten: Verändert sich bei Aenderung des Schwellenwerthes auch die Grösse von Q, oder bleibt sich dieselbe gleich?

Ich habe eine Anzahl dahin bezüglicher Versuche am ausgeschnittenen Froschnerven in der Art angestellt, dass ich zunächst für eine Reihe von R-Werthen die Grösse von Q bestimmte, ganz genau so, wie bei den bisher beschriebenen Versuchen; alsdann wurde die Erregbarkeit des Nerven durch Bestreichen mit verdünntem Alkohol erhöht und die vorher untersuchten R-Werthe einer zweiten Bestimmung unterworfen. Das Resultat dieser Versuche war, dass allerdings die Erhöhung der Erregbarkeit einen gewissen ebenfalls erhöhenden Einfluss auf die Grösse von Q ausübt, dass aber die letztere Veränderung eine sehr viel geringere ist, als die erstere. Wenn z. B. die Erregbarkeit um das doppelte steigt, d. h. der Nerv schon eine minimale Zuckung gibt bei einer nur halb so grossen vollständigen Oeffnungsschwankung als vorher, so wird dadurch die Grösse von Q nun nicht etwa auch um die Hälfte, sondern nur um einen kleinen Bruchtheil verändert. Immerhin bedarf es zur genauen Feststellung des Gesetzes noch einer grösseren Anzahl von Versuchen, als sie mir bis jetzt zu Gebote stehen; doch zweifle ich nicht, dass die Aufgabe, die um so wichtiger ist, als auch das Fechner'sche Parallelgesetz noch einer einwandfreien experimentellen Bestätigung bedarf, auf die angegebene Weise vollständig zu lösen sein wird.

[1] Vergl. S. 319.

Suchen wir nun das Ergebniss der bisher mitgetheilten Untersuchungen in Bezug auf die veranlassende Fragestellung auszusprechen, so gilt zunächst für ein gewisses mittleres Gebiet von R-Werthen der Satz: Die Schwankung, die eine eben merkliche Erregung hervorruft, ist proportional der Intensität des Stromes, von der aus sie stattfindet; oder das Verhältniss von $\frac{R}{r}$ ist eine constante Zahl.

Für die galvanische Reizung des peripheren Nerven existirt also dasselbe Gesetz, welches Weber für die physiologische Sinnesreizung nachgewiesen hat.

Aber die Uebereinstimmung zwischen beiden Gebieten geht noch weiter. Wie festgestellt wurde, ist Q nicht für alle Werthe von R eine constante Zahl, sondern nimmt von der Schwelle von R an zunächst zu, bis es jenen constanten Werth erreicht hat, der zugleich ein Maximum ist. Dasselbe trifft zu für das Gebiet unter der sogenannten „unteren Grenze“ des Weber'schen Gesetzes; auch hier zeigt sich bei wachsender absoluter Reizstärke zunächst eine Zunahme der Unterschiedsempfindlichkeit, deren Maass eben das Verhältniss $\frac{R}{r}$ oder Q ist und es ist für beide Gebiete oben nachgewiesen worden, aus welchen Gründen diese Zunahme für eine Reihe von Werthen, die sich unmittelbar an den Schwellenwerth anschliessen, vorhanden sein muss.

Ferner hat man bei hoher Reizstärke in einer Reihe von Versuchen über das Weber'sche Gesetz eine Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit gefunden, und dieselbe Erscheinung zeigte sich in unseren Versuchen als charakteristisch für den Beginn des sog. dritten Gebietes.

Wenn man also kurz sagt: Das Verhältniss $\frac{R}{r}$ nimmt von der Schwelle an bei wachsender absoluter Reizstärke zunächst zu, bleibt dann für eine Reihe hintereinander gelegener Werthe von R constant und nimmt bei hohen Reizstärken wieder ab, so ist hiermit sowohl das Weber'sche Gesetz mit seinen sogen. oberen und unteren Grenzgebieten ausgesprochen, als das Gesetz, welches im Verlauf dieser Untersuchungen für die galvanische Reizung des peripheren Nerven festgestellt worden ist.[1]

[1] Bezüglich dieser Formulirung ist Folgendes zu bemerken: Eine Zahlenreihe, die zuerst Zunahme, dann eine mehr oder weniger ausgesprochene Constanz und darauf wieder Abnahme zeigt, kann in zweierlei Weise aufgefasst und zum Ausdruck gebracht werden: indem man entweder die Constanz des mittleren Stadiums besonders betont, wie dies hier geschehen ist, oder aber indem man dieses constante Stadium in zwei Theile theilt, den ersten zur ersten Zahlenstrecke, den zweiten zur zweiten Zahlenstrecke schlägt und sagt, dass zuerst eine Zunahme stattfindet, die allmählich unmerklich werdend und ein Maximum überschreitend in eine erst unmerkliche dann aber erheblicher werdende Abnahme übergeht. Ich habe die erstere Ausdrucksweise vorgezogen, weil die-

Es gilt also in der That, und dies ist die Beantwortung der Eingangs aufgeworfenen Frage für die Zustände verminderter Erregbarkeit ein gemeinsames Gesetz, welches sich sowohl am Empfindungsapparat als an der peripheren Nervenfaser, bei der Einwirkung des physiologischen Reizes und des galvanischen Stromes, also unter weit auseinander gelegenen Bedingungen nachweisen lässt. Das Weber'sche Gesetz ist nur eine Erscheinungsweise, ein Fall und zwar der psychophysische Fall dieses allgemeinen Gesetzes, welches sich auf die Einwirkung erregbarkeitvermindernder Reize auf die nervöse Substanz überhaupt bezieht und demnach als ein neurophysisches Gesetz zu bezeichnen ist.[1] Dieses Gesetz lässt sich folgendermaassen ausdrücken:

Die Erregung, welche durch Aenderung der Intensität eines erregbarkeitvermindernden Reizes verursacht wird, bleibt — unter sonst gleichen Umständen — innerhalb gewisser Grenzen der absoluten Reizstärke gleich gross, wenn das Verhältniss der Aenderung der Intensität zu der Intensität, von der die Aenderung ausgeht, das gleiche bleibt. Ausserhalb der erwähnten Grenzen findet bei gleich bleibendem Verhältniss zwischen Intensität und Intensitätsänderung von einem Reizwerthe zum nächst höheren, bei geringen Reizstärken eine Zunahme, bei hohen Reizstärken eine Abnahme der Erregung statt.[1]

In entsprechender Weise gelten selbstverständlich auch die Eingangs besprochenen Ableitungen aus dem Weber'schen Gesetze, von denen hier nochmals hervorgehoben seien: die directe Proportionalität zwischen Schwankung und Intensität, von der die Schwankung ausgeht, die indirecte Pro-

---

selbe bei grösserer Einfachheit sich dennoch vollständig mit dem objectiven Befund deckt. Doch lässt sich weiter nichts gegen die andere Auffassung einwenden, so wenn z. B. G. E. Müller nach einer sorgfältigen Revision und Kritik der dem Weber'schen Gesetz zu Grunde liegenden Thatsachen den Thatbestand folgendermaassen ausdrückt (*Zur Grundlegung der Psychophysik.* 1877. S. 225): „Bei allmählich wachsender Reizstärke nimmt die absolut relative Unterschiedsempfindlichkeit in verschiedenen Sinnesgebieten, so z. B. auch im Gebiete des Drucksinnes erst zu, erreicht bei gewisser Reizintensität ein Maximum und nimmt dann, nachdem sie dieses Maximum erreicht hat, bei fortgesetzter Steigerung der absoluten Reizstärke allmählich wieder ab.“ Im Uebrigen berührt diese Frage nur die Ausdrucksweise nicht den Sachverhalt und ist für die hier vorliegenden Zwecke nicht weiter von Wichtigkeit.

[1] Die Bedeutung, die nach Hrn. Prof. Christiani den psychophysischen Gesetzen zukommt, ist folgende: die psychophysischen Gesetze ergeben sich als eine specielle Form zweier allgemein gültiger Gleichungspaare; das eine hiervon ist das Maass der Erregung eines psychomotorischen Centrums oder eines Systems, welches Energie centrifugal aussendet, das andere giebt das Maass eines psychosensoriellen oder psychosensiblen Centrums, oder eines Systems, welchem Energie centripetal zuströmt. (*Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.* October 1880. S. 11.)

portionalit zwischen Erregbarkeit und erregbarkeitänderndem Reize und die Gleichheit der Erregungen bei Gleichheit des Verhältnisses der beiden Erregbarkeitszustände, zwischen denen der erregende Uebergang stattfindet.

Es liegt nunmehr ein Gesetz vor, welches sowohl psychische als rein nervöse Erscheinungen in gleicher Weise umschliesst und es ermöglicht, die physiologische Grundlage der fraglichen psychischen Processe gewissen Schlüssen zu unterziehen. Dies soll jetzt in Kürze versucht und zugleich geprüft werden, ob die in diesem Gesetz ausgesprochene Uebereinstimmung psychischer und physiologischer Erscheinungen in der That nicht als eine zufällige, sondern als eine auf wesentlichen Eigenschaften des nervösen Erregungsprocesses beruhende zu betrachten ist.

Es ist in den bisherigen Betrachtungen vermieden worden, der Empfindung zu erwähnen; die Erscheinung, die uns ausschliesslich beschäftigte, war diejenige Erregung, die als Unterschiedsempfindung wahrgenommen wird; es ist jetzt nöthig, das Verhältniss zwischen Empfindung und Unterschiedsempfindung festzustellen.

Fechner hat das Weber'sche Gesetz, welches sagt, dass ein Reizunterschied, bezw. Reizzuwachs gleich empfunden wird, wenn das Verhältniss der beiden betreffenden Reize das gleiche bleibt, in den Satz umgestaltet, dass die Empfindungsunterschiede, bezw. Empfindungszuwachse sich gleich blieben, wenn das Reizverhältniss dasselbe bleibt.

Wie Fechner selbst ausdrücklich betont, ist hierbei Unterschiedsempfindung in Empfindungsunterschied und Zuwachsempfindung in Empfindungszuwachs umgewandelt worden, wodurch der ursprüngliche Sinn des Weber'schen Gesetzes selbstverständlich gänzlich verändert ist. Diese Aenderung, welche die Basis ist, von der aus Fechner das Maass der Empfindung zu gewinnen suchte, ist von einer ganzen Reihe von Autoren[1] als eine völlig willkürliche bezeichnet worden, und man hat besonders betont, dass es gänzlich unberechtigt ist, eben merkliche Empfindungsunterschiede bei absoluter Reizgrösse als gleichgross anzusehen. In der That ist die Grösse einer Empfindung oder eines Empfindungszuwachses keineswegs einzig und allein durch ihre grössere oder geringere Merklichkeit gegeben und daraus, dass zwei Empfindungen gleich gross erscheinen, darf man durchaus nicht schliessen, dass sie gleich gross sind, wie sofort einleuchtet, wenn man nicht zwei, sondern drei Empfindungen folgendermaassen mit einander in Vergleich bringt. Es seien a, b, c drei Reize von gleicher Qualität, aber verschiedener Intensität, A, B, C die entsprechenden Empfin-

[1] Hering, Brentano, Langer, J. L. A. Koch, Funke u. s. w.

dungen. b sei grösser als a, aber nur so wenig, dass eine Empfindung des Unterschiedes, der zwischen a und b besteht, nicht zu Stande kommt; so lässt sich c so herstellen, dass zwar ein merkbarer Unterschied zwischen a und c, nicht aber zwischen b und c existirt. Obgleich also zwischen den zugehörigen Empfindungen A und B kein Unterschied empfunden wird, muss doch ein Unterschied zwischen beiden Empfindungen vorhanden sein, da sie sich sonst nicht verschieden gegen eine dritte Empfindung C verhalten könnten. Die Unterschiedsempfindung sagt also ebenso wenig über die absolute Grösse des Empfindungszuwachses aus, als über die absolute Grösse des Reizzuwachses und es ist nicht mehr berechtigt, Empfindungszuwachse bei gleicher Merklichkeit für gleich gross zu erklären, als dies mit gleich merklichen Reizzuwachsen zu thun; nur dass man für den letzteren Fall sich von der Unrichtigkeit einer solchen Annahme durch directe Messung überzeugen kann, was allerdings für die Empfindung nicht möglich ist.

Aber man muss noch einen Schritt weiter gehen und klarstellen, dass diejenige Grösse, die bei gleichbleibendem Reizverhältniss jene für das Weber'sche Gesetz charakteristische Gleichheit zeigt, nicht nur kein Empfindungszuwachs, sondern überhaupt keine Empfindung, vielmehr ein vom Empfinden toto genere verschiedener Vorgang ist. Wenn in der Formulirung des Weber'schen Gesetzes der einfache Ausdruck des Thatsächlichen in die Worte gekleidet ist „es wird ein Unterschied empfunden", so ist dies eine Umschreibung, die leicht zu Verwechselung führen kann: Einen Unterschied empfinden ist nichts anderes als Unterscheiden Das Unterscheiden zweier Empfindungen ist aber ein ganz anderer Vorgang als das Empfinden an sich; man kann zwei verschiedene Empfindungen haben ohne irgend sich bewusst zu werden, dass dieselben in dieser oder jener Beziehung verschieden sind. Zu einer Unterscheidung gehört eben ein besonderer Act, der in irgend einer Weise einen Vergleich, ein in Beziehung Setzen der zu unterscheidenden Empfindungen repräsentirt. Die Unterschiedsempfindung beruht nicht auf einem Empfinden, sondern auf einem in Beziehung Setzen, Vergleichen, Schätzen von Empfindungen, kurz auf derjenigen Art psychischer Thätigkeit, die man als Schliessen und Urtheilen bezeichnet. Ja das Weber'sche Gesetz spricht unmittelbar überhaupt nicht von Empfindungen, es sagt vielmehr: das Urtheil über die Verschiedenheit zweier Reize bleibt gleich, wenn das Verhältniss der beiden Reize das gleiche bleibt. Die Empfindung kommt nur unmittelbar dabei in's Spiel, sofern einerseits die beiden zu vergleichenden Reize Empfindungen verursachen und andererseits das Vergleichen sich eben auf diese Empfindungen bezieht.

Die psychologische Betrachtung zeigt also, dass die Empfindung und die Unterschiedsempfindung wesentlich verschiedenartige Vorgänge sind. Der

Verschiedenartigkeit des psychischen Vorganges entspricht eine Verschiedenartigkeit des psychophysischen Vorganges, und dieser eine Verschiedenartigkeit des Reizvorganges. Die Empfindung wird hervorgerufen, durch einen mit constanter Intensität wirkenden Reiz, die Unterschiedsempfindung durch die Aenderung der Intensität des Reizes.

Die Empfindung als das Resultat desjenigen Zustandes, der durch die constante Einwirkung des physiologischen Reizes in einem gesammten Sinnesorgan hervorgerufen wird, ergiebt sich ohne weiteres als physiologisch repraesentirt durch einen Zustand verminderter Erregbarkeit. Beim Empfinden liegt, dem ruhenden Zustand des Organes gegenüber, verminderte Erregbarkeit vor; jeder Aenderung des Empfindens entspricht in gesetzmässiger Weise eine Aenderung der Erregbarkeit. Die geänderte Erregbarkeit ist also eine wesentliche und eine wichtige Eigenschaft der Empfindung, wichtig insofern sie ein Merkmal für die innere dynamische Gleichgewichtslage des gereizten Organes ist. Die Bedeutung des Begriffes Erregbarkeit in dem hier gebrauchten Sinne ist die einer Bezeichnung des Zustandes der inneren Dynamik des Nerven.

Die Unterschiedswahrnehmung hat sich für den Fall, dass der eine Reiz direct in den zu vergleichenden anderen Reiz übergeht, als eine Function der Aenderung der Reizintensität dargestellt. Es frägt sich, ob ein entsprechendes Verhalten auch für denjenigen Fall vorliegt, in welchem, wie oben constatirt, der Uebergang des einen Reizes in den anderen zeitlich unterbrochen ist. Es lässt sich leicht zeigen, dass auch in diesem Falle der Process wesentlich derselbe ist. Die Unterbrechung des Reizüberganges wird einfach überbrückt durch das Gedächtniss: „um eine Empfindung von einer anderen unterscheiden zu können, muss man sie in Erinnerung über dieselbe superponiren oder mit derselben zusammenhalten können“, sagt Fechner. Und in der That wenn man sich bei der Vergleichung zweier Erinnerungsbilder selbst beobachtet, so bemerkt man, dass sofort nach dem einen Erinnerungsbild das andere in's Bewusstsein tritt und dass dieser unmittelbare Uebergang des einen Bildes in das andere in zweifelhaften Fällen einigemale wiederholt wird, so dass die beiden Bilder abwechselnd unmittelbar hintereinander durch das Bewusstsein ziehen; und niemals kommt eine Unterschiedsempfindung dann zu Stande, wenn sich, auch für noch so kurze Zeit, zwischen die zu unterscheidenden Bilder ein dritter Gegenstand einschiebt, der die zu vergleichende Eigenschaft nicht besitzt. Die Unterschiedsempfindung ist also stets, wenn auch nicht an den Uebergang des einen Reizes in einen anderen, doch an den Uebergang der durch die beiden Reize bewirkten Zustände gebunden; und man ist deshalb berechtigt, da wo der eine Reiz direct in den anderen übergeht, die Unterschiedsempfindung auf die Aenderung der Reizintensität zu beziehen.

Die Unterschiedsempfindung und die Erregung, welche am peripheren Nerven bei der Reizschwankung auftritt, sind also in einer[1] ihrer wesentlichen Eigenschaften identisch; in beiden Fällen ist die Erregung eine Function der Aenderung des Erregbarkeitszustandes; und die Ueber-

[1] Es ist vielleicht nicht überflüssig zu betonen, dass unter Erregung hier durchweg einfach die nervöse Bewegung verstanden ist, welche durch die Intensitätsänderung eines Reizes hervorgerufen wird, also kurz der Schwankungseffect.

Eine genauere Definition oder Beschreibung der Erregung in dem hier gebrauchten Sinne wird zu geben sein, wenn weitere Untersuchungen über dieselbe vorliegen. Es genügt zunächst für die hier verfolgten Zwecke den Gegensatz zwischen dieser Erregung und denjenigen Zuständen eines nervösen Organes hervorzuheben, welche durch die constante Einwirkung eines (auch oscillatorisch wirkenden) Reizes hervorgerufen werden und sich durch eine continuirlich gleichbleibende Erregbarkeit des betreffenden Organes auszeichnen. Diesen Zuständen gegenüber, die vielleicht passend als neurotonische bezeichnet werden, weist bei der Erregung Alles auf einen Vorgang hin, bei welchem von einem Zeitpunkt zum nächstfolgenden eine Aenderung eintritt, die sich in keiner Phase des ganzen Vorganges wiederholt.

Das neurophysische Gesetz setzt nun selbstverständlich nicht voraus, dass die beiden fraglichen Erregungen dieselben seien, es constatirt vielmehr, dass dieselben in einer allerdings sehr auffälligen Eigenschaft übereinstimmen, ob auch in anderen und in welchen nicht, wird zu untersuchen sein. In gleicher Weise ist vom anelektrotonischen Zustand und vom Empfindungsprocess nur die eine gemeinsame Eigenschaft in's Auge gefasst, dass beide Zustände verminderter Erregbarkeit sind, gegenüber den Zuständen erhöhter Erregbarkeit, wie sie durch andere Reize hervorgerufen werden. Man könnte geneigt sein, zwischen beiden Zuständen von vornherein einen Unterschied darin zu suchen, dass nach einer viel verbreiteten Anschauung während der constanten Einwirkung des Sinnesreizes eine continuirliche Erregung vorliegt, bei der des galvanischen Stromes aber nicht. Dem gegenüber scheint mir aber diejenige Anschauung, die behauptet, dass nicht nur der Empfindung als solcher, sondern auch den Empfindungsunterschieden erregende Wirkung zukomme, genügend fundirt zu sein. In der That sagt Fechner (In Sachen der Psychophysik 113), obgleich Gegner dieser sogenannten Differenzansicht, auf die hier nicht weiter einzugehen ist, treffend, dass eine Entscheidung zwischen beiden Ansichten Sache des Glaubens und experimentell unmöglich sei. Da sich alle hierher gehörigen Phaenomene vollständig daraus erklären, dass nur die Empfindungsdifferenzen erregen, so erscheint es mir überflüssig, auch dem constant wirkenden Reiz Erregung zuzuschreiben. Von diesen wissen wir meines Erachtens nur das Eine sicher, dass er die Erregbarkeit herabsetzt, dass also bei der Empfindung, wenn dieser Ausdruck gelten darf, ein veränderter neurotonischer Zustand vorliegt. Denkbar ist es immerhin, dass dieser Zustand mit Erregung verbunden ist; aber denkbar ist dies auch vom Anelektrotonus, bei welchem doch auch fortwährend etwas vor sich geht, was nun für ein in loco befindliches Bewusstsein wahrnehmbar wäre; der Muskel reagirte dann nur auf die Bewegungen dieses Erregungszustandes, etwa so wie ein an einen tetanisirten Muskel angebrachter Auslösungsapparat, auch nur auf die Bewegungen des Muskels, nicht auf dessen tonische Zustände zu reagiren brauchte.

Die Möglichkeit, dass der fragliche Unterschied in der That zwischen beiden Reizen besteht, berührt natürlich nicht die experimentell bewiesene Gesetzmässigkeit, welche im neurophysischen Gesetz zum Ausdruck gebracht ist.

einstimmung der Gesetze, denen beide Erscheinungen folgen, lässt sich somit ableiten aus dieser fundamentalen Eigenschaft des nervösen Erregungsvorganges, welche für die elektrotonischen Erscheinungen zuerst von Pflüger erkannt worden ist.

Im Anschluss hieran ist es nunmehr möglich, sich über den physiologischen Vorgang, welcher der Unterschiedsempfindung zu Grunde liegt, eine Vorstellung zu machen. Was geht in dem Organe des Bewusstseins vor sich, bei einem bewussten in Vergleichung Setzen von zwei Empfindungen? Die Thatsache der Einheit des Bewusstseins lässt nicht zu, dass die beiden Empfindungen zu gleicher Zeit im Bewusstsein vorhanden sind; sie können sich also im Bewusstsein nicht nebeneinander, sondern nur nacheinander beeinflussen. Die einfachste Annahme ist nun, dass diese Beeinflussung stattfindet in dem Uebergange der einen Empfindung in die andere; und diese Annahme wird in der That bestätigt durch den empirischen Nachweis, dass die erregende Wirkung dieses Ueberganges eines Erregbarkeitszustandes in einen anderen genau dieselbe ist, welche sich bei dem Uebergang einer Empfindung in die andere dem Bewusstsein als Unterschiedsempfindung darbietet.

Der physiologische Repraesentant der Empfindung des Intensitätsunterschiedes ist somit diejenige Erregung, welche die Aenderung eines Erregbarkeitszustandes oder den Uebergang eines Erregbarkeitszustandes in einen anderen begleitet. Das Vergleichen zweier qualitativ gleichen Empfindungen auf ihren Intensitätsunterschied ist nun aber nur der einfachste Fall desjenigen Processes, durch welchen Empfindungen zu einander in Beziehung gesetzt werden.

Verfolgt man die Unterschiedsempfindung weiter, so ist zunächst zu erwähnen, dass in einer Reihe von Versuchen ein dem Weber'schen analoges Gesetz auch für die Abhängigkeit der Qualitätsänderung von der Reizintensität als giltig nachgewiesen worden ist.[1] Ein Ton kann ebenso gut durch einen gleich hohen stärkeren übertönt werden, als durch einen tieferen oder höheren oder ein Gemisch von anderen Tönen. Also auch bezüglich der Qualitätsänderung ist der Satz giltig; die Empfindung ist physiologisch repraesentirt durch einen Zustand verminderter Erregbarkeit.

Ganz so wie die Empfindung verhält sich ferner das Residuum der Empfindung, das Erinnerungsbild oder die Vorstellung. Ob zwei Empfindungen bei directem Uebergang der zugehörigen Reizintensitäten in einander, verglichen werden, oder ob der Vergleich stattfindet zwischen einer Empfindung und einem Erinnerungsbild bei zeitlich unterbrochenem Uebergang der Reizintensitäten, oder endlich zwischen zwei Erinnerungs-

[1] Fechner's Mischungsphaenomene, vergl. *El. d. Ps.* Bd. I. S. 329.

bildern: die Unterschiedsempfindung wird dadurch in ihrem wesentlichen Verhalten nicht berührt. Also wie die Empfindung, so ist auch die Vorstellung, das Residuum der Empfindung physiologisch durch einen Zustand verminderter Erregbarkeit repräsentirt. Wenn also zwei demselben Sinn angehörige Vorstellungen durch das Bewusstsein ziehen, so folgen sich in dem Bewusstseinsorgan zwei verschiedene Erregbarkeitszustände; der Uebergang des einen Erregbarkeitszustandes in den anderen bringt unter bestimmten Bedingungen eine Erregung hervor, die von jenen Zuständen ganz verschieden, doch die gesetzmässige Beziehung derselben zu einander repräsentirt.

Der ganze Act der bei einem solchen in Beziehung Setzen von Vorstellungen abläuft, ist aber nichts anderes als die einfachste Form des Urtheiles, dessen physiologischer Repraesentant hiernach als ein mit Erregung verbundener Uebergang eines Erregbarkeitszustandes in einen anderen zu betrachten ist.

Auf die Beziehungen die sich auf diesem Gebiete zwischen Physiologie und Psychologie weiterhin verfolgen lassen, gedenke ich andernorts ausführlich zurückzukommen, und beschränke mich hier darauf, bezüglich der Zustände verminderter Erregbarkeit nur noch einige Untersuchungen über die Frage nach dem

Maass der Empfindung und Unterschiedsempfindung

mitzutheilen.

Diejenigen Sätze über das Maass der Empfindung und Unterschiedsempfindung, welche Fechner mit Zuhilfenahme jener S. 301 besprochenen Umformung und auf mathematischem Wege ableitete, sind bekanntlich der experimentellen Prüfung unzugänglich und aus mehreren Gründen bis heute Gegenstand des Streites. Da nun derselbe gesetzmässige Thatbestand, wie für die psychophysischen Erscheinungen, auch bei der Nervenreizung vorliegt, so drängt sich der Gedanke auf, ob die dort theoretisch gezogenen Folgerungen hier einer experimentellen Entscheidung unterworfen werden könnten und ob dadurch eine neue Methode sich finden lasse, über das Maass der Empfindung und Unterschiedsempfindung eine Vorstellung zu gewinnen.

Man wird dann immerhin dem experimentellen Ergebniss ein grösseres Vertrauen entgegen bringen als dem theoretischen, obgleich, wie hier nicht nochmals betont zu werden braucht, keinerlei Sicherheit vorhanden ist, dass auch bezüglich der jetzt zu untersuchenden Verhältnisse auf dem einen Gebiete die gleiche Gesetzmässigkeit vorliegt, wie auf dem anderen.

Die zwei Fragen, die aufzuwerfen sind, heissen:

1) In welchem Verhältniss steht die Intensität der Empfindung zur Intensität des Reizes (R)?

2) In welchem Verhältniss steht die Grösse der Unterschiedsempfindung (u) zur Grösse der Aenderung der Reizintensität (r)?

Die Beantwortung der ersten Frage ist, soweit überhaupt möglich, schon in dem Bisherigen gegeben. Der der Empfindung zu Grunde liegende psychophysische Process ist ein Zustand verminderter Erregbarkeit, die Erregbarkeit umgekehrt proportional der Reizintensität, jener Process um so stärker, je mehr die Erregbarkeit vermindert ist; der der Empfindung zu Grunde liegende psychophysische Process, als ein Zustand verminderter Erregbarkeit, ist also direct proportional der Reizintensität.

Dabei ist jedoch Folgendes zu bemerken. Das Maass der Erregbarkeit, soweit sie durch den physiologischen Sinnesreiz geändert sind, war für uns ein Quotient $\frac{u}{r}$, dessen Zähler die eben merkliche Erregung, dessen Nenner die Grösse derjenigen Schwankung ist, die eine eben merkliche Erregung hervorruft. Wir haben also gemäss der conventionellen Definition der Erregbarkeit dieselbe umgekehrt proportional der Grösse der erregenden Schwankung gesetzt. Dies wäre nun in vollkommenem Einklang mit Allem, was man von einer solchen Definition verlangen kann, wenn auch die Erregung proportional wäre der erregenden Schwankung, wenn also einem $n$fachen r ein $n$faches u entspräche, was, wie gezeigt werden wird, in höchstem Grade unwahrscheinlich ist. Die Tendenz, in dem neurophysischen Gesetze einen Ausdruck für die innere Dynamik des Nerven zu besitzen, verlangte, dass in dem Nenner des die Erregbarkeit messenden Quotienten nicht r, sondern diejenige Function von r stünde, welche dessen erregenden Werth repraesentirt. Da aber diese Function noch unbekannt ist, so dürfte die bisherige Definition der Erregbarkeit als die einfachste vorerst doch beizubehalten sein; im Uebrigen berührt diese Frage nur den Ausdruck, nicht das Thatsächliche.

Was die zweite Frage betrifft, so sind hier folgende Aufgaben zu lösen.

1) Wie verhält sich die Erregung der Grösse der erregenden Schwankung r, wenn $r = R$, d. h. für verschieden grosse Schwankungen, die alle den Nullpunkt erreichen?

2) Wie verhält sich u zu r, wenn $r < R$, d. h. wenn die Schwankung von einem gegebenen Werth von R zu einem anderen R' stattfindet?

3) In welchem Verhältniss steht, für verschiedene Werthe von R die Grösse des bisher untersuchten Quotienten Q zu der Grösse derjenigen

Erregung u, die stattfindet, wenn für den entsprechenden Werth von R die Schwankung bis zum Nullpunkt geht?

Doch ist zunächst die Frage zu beantworten, wodurch die Erregung des Nerven gemessen werden kann. Die nächstliegende Antwort ist: durch die Grösse der Muskelarbeit, welche der nervösen Erregung entspricht; allerdings wird hierdurch die Erregung des Nerven nicht selbst gemessen, sondern vielmehr der Enderfolg dieser Erregung.[1] Aber dieser Enderfolg lässt sich unter gewissen sehr einfachen Voraussetzungen in der That zur Lösung unserer Frage verwerthen. Wir setzen zunächst voraus, dass die Erregung des Muskels in dessen Leistung ein Maass findet, wobei unter Leistung alle diejenigen Aenderungen der Energien des Muskels verstanden sind, welche den gereizten Muskel vom nicht gereizten unterscheiden, also ausser der mechanischen Arbeit besonders auch noch die Wärmeproduction. Wir betrachten ferner Nerv und Muskel als zwei reizbare Systeme, die weiter nichts miteinander zu thun haben, als dass das eine durch das andere in Erregung versetzt wird. Der Reiz r erregt alsdann den Nerven, die Nervenerregung u reizt den Muskel und die Muskelerregung gibt sich in der Leistung l; so haben wir folgende Functionen

$$u = f(r)$$
$$l = f(u)$$

r[2] und l sind direct messbar; die Abhängigkeit zwischen l und u kann aus Versuchen, in denen der Muskel durch verschiedene Reize direct erregt wird, erkannt werden; so dass man unter den angegebenen Voraussetzungen, die noch zu beweisen sein werden, in der That zu einer Gleichung kommen könnte, aus der die Abhängigkeit zwischen r und u sich erkennen liesse.[3]

Untersuchen wir nun, was in der Litteratur über das fragliche Verhältniss von Reiz und Muskelarbeit vorliegt, so empfiehlt es sich zunächst von der Wärmeproduction u. s. w. abzusehen, da sonst die Untersuchung zu sehr complicirt würde und auch schon das Verhältniss zwischen Reiz und Arbeit Anhaltspunkte von grosser Wichtigkeit bietet. Da die Muskelarbeit dem Product aus der Hubhöhe in die gehobene Last gleich gesetzt wird, so kann man die Arbeit bei gleichbleibender Hubhöhe der Last, bei gleichbleibender Last der Hubhöhe proportional setzen und es ergeben sich somit zur Lösung der Frage zwei Wege. Der erstere hiervon, bei gleicher — am einfachsten minimaler — Hubhöhe das Verhältniss zwischen Reiz

[1] Vergl. Fechner, *Revision der Psychophysik.* S. 332.

[2] Selbstverständlich handelt es sich hier nicht um ein absolutes, sondern nur um das relative Maass des Reizes.

[3] Noch einfacher könnte die Lösung der oben formulirten drei Aufgaben durch directe Reizung des Muskels versucht werden, wenn, was aus manchen Gründen wahrscheinlich, ein dem neurophysischen analoges Gesetz auch für den Muskel gilt.

und Belastung festzustellen, ist dadurch für unsere Untersuchung verschlossen, dass die Erregbarkeit des Muskels, wie zuerst von Hermann[1] beschrieben worden ist, sich unter dem Einfluss der Belastung in höchst merkwürdiger Weise verändert.

Was die zweite Methode betrifft, bei gleichbleibender Belastung die Hubhöhe als Arbeitsmaass zu benützen, so ist zunächst eines aprioristischen Einwandes zu erwähnen, den Fechner[2] gegen ein derartiges Verfahren bei anderer Gelegenheit erhoben hat. Da sich bei der Zusammenziehung des Muskels, sagt Fechner, ein wachsender Widerstand gegen die weitere Zusammenziehung entwickelt, so liegen für die Abhängigkeit der Hubhöhe vom Reize völlig andere Verhältnisse vor, als für die Abhängigkeit zwischen Reiz und Nervenerregung. Doch lässt sich hiergegen geltend machen, dass dieser Widerstand einen messbaren Ausdruck eben in der Wärmeproduction finden kann und zweitens dass es keineswegs ausgemacht ist, ob nicht auch die innere Dynamik des Nerven dieselben Verhältnisse mit sich bringt, da auch hier die Erregung ihr Maximum hat und der Widerstand gegen die Wirkung des Reizes mit der Grösse des Reizes wachsen wird.

Untersuchungen über die Abhängigkeit zwischen Hubhöhe und Reiz liegen vor von Hermann und von Fick;[3] nach Untersuchungen Fick's besteht zwischen Hubhöhe und Reiz innerhalb der Grenzen vom Schwellenwerth bis zum Maximum Proportionalität; doch lohnt es nicht für unsere Zwecke, hierauf weiter einzugehen, weil die Reizung durch Stromschliessungen vorgenommen wurde und somit die Erregung von einer Stelle erhöhter Erregbarkeit ausging.

Die aufgeworfenen Fragen bleiben somit noch unentschieden; ich habe an M. gastroknemius zwei Reihen von Versuchen angestellt, welche sich auf die Lösung der Fragen sub 1 und sub 3 beziehen und wenigstens für eine vorläufige Orientirung auf diesem Gebiete einigen Werth haben. In der ersten Versuchsreihe wurde auf der Abscissenaxe die Stärke des aufsteigenden Stromes, auf den Ordinaten die Höhe der vollständigen Oeffnungszuckung aufgezeichnet; diese Versuche ergaben ausnahmslos das Resultat, dass die Hubhöhen bei wachsender Reizstärke erst schneller und dann langsamer zunehmen, so dass die Verbindungslinie der Hubhöhen eine Curve ergab, die gegen die Abscisse deutlich concav war, erst ziemlich steil anstieg, um sich dann immer mehr der horizontalen Richtung zuzuneigen und so in das Maximum umzubiegen.

Eine zweite Versuchsreihe, die sich auf die Frage sub 3 bezog, be-

[1] *Dies Archiv.* 1861. S. 369.

[2] *Revision der Psychophysik.* S. 232.

[3] *Untersuchungen über elektrische Nervenreizung.* Braunschweig 1864.

zweckte, die soeben erwähnte Curve zu vergleichen mit derjenigen Curve, welche in den Versuchen S. 280 bis S. 283 über die Abhängigkeit des Quotienten Q von der Stromstärke aufgestellt worden ist. Bei diesen Versuchen wurde zunächst für jeden Werth von R diejenige negative Schwankung aufgesucht, die eine eben merkliche Zuckung ergab, alsdann wurde eine Schwankung von R auf Null vorgenommen und die Hubhöhe der dadurch zu Stande kommenden Muskelzuckung gemessen. Es wurden so zwei Curven gewonnen, die sich beide auf dieselben Werthe von R bezogen, von denen die eine die Grösse des Quotienten Q, die andere die Hubhöhe, also in einem gewissen Sinn die Grösse der Erregung u angab. Wie man sieht war hiermit ein bestimmter Fall desselben Problems auf experimentellem Weg anzugreifen versucht, welches Fechner in seiner „Unterschiedsmaassformel" zu lösen unternommen hat. Das Ergebniss war ziemlich überraschend, denn es zeigte sich ein fast vollständiger Parallelgang der beiden Curven. Beiderseits erst ein nach unten concaver Anstieg, dann ein der Abscisse paralleler Verlauf, in welchem jedoch das Maximum bei weitem nicht erreicht war, dann eine Abnahme und schliesslich bei den stärksten Strömen das Maximum von Q und von u. Es würde daraus hervorgehen, dass Q und u im Verhältniss directer Proportionalität zu einander stehen; fortgesetzte Untersuchungen werden das Nähere ergeben.

Schliesslich ist noch anzuführen, dass in der Litteratur zwei Versuche vorliegen, die Erregung des Nerven bei der Reizung nicht durch die Muskelarbeit, sondern unmittelbar zu messen, nämlich durch die Grösse der negativen Schwankung des Nervenstromes, die bei der Erregung stattfindet; der eine Versuch von J. J. Müller[1] mit elektrischer Reizung, der andere von Dewar und Mc Kendrick[2] mit Lichtreizung am N. opticus. Obgleich diese Untersuchungen noch nicht zu Resultaten geführt haben, die hier unmittelbar verwerthbar wären, so könnte diese Methode vielleicht doch, in Combination mit der zuletzt besprochenen, schätzbare Anhaltspunkte ergeben.

Ueber Zustände erhöhter Erregbarkeit.

Die bisherigen Untersuchungen waren ausschliesslich auf Reize gerichtet, deren constante Einwirkung in dem gereizten Organ einen Zustand verminderter Erregbarkeit hervorruft; es soll jetzt versucht werden festzustellen, welchen Gesetzen diejenigen Reizwirkungen gehorchen, bei denen es sich um Zustände erhöhter Erregbarkeit handelt.

[1] *Untersuchungen aus dem physiologischen Institut der Züricher Hochschule.* 1869. Hft. I.

[2] *Nature.* Nr. 193. 10. Juli 1873. (Nach Fechner citirt.)

Gehen wir auch hier von psychophysischen Thatsachen aus.

Das Gesetz, welches von Weber experimentell begründet worden ist, war bekanntlich schon vor Weber von D. Bernoulli ausgesprochen worden und zwar für ein Gebiet, welches bis heute noch jeder exacten Forschung unzugänglich ist, für das Gebiet der Affecte. Bernoulli ging von der täglichen Erfahrung aus, dass der positive oder negative Zuwuchs (r) gewisser Reize, die das Gefühl beeinflussen, einen um so geringeren Eindruck verursacht, von je höherer Ordinate des Reizes R der Zuwuchs stattfindet. Der Erwerb oder Verlust eines Groschens macht auf einen Millionär einen geringeren Eindruck, als auf einen Bettler. Die ganze Begründung, die Bernoulli der speciellen Formulirung seines Gesetzes geben konnte, war nur die, dass die denkbar einfachste mathematische Annahme darin besteht, r proportional R zu setzen oder

$$\frac{R}{r} = \text{const.}$$

Auch Laplace, der diese Formel später mathematisch weiter verfolgte und den bekannten Satz von der *Fortune morale et physique* aufstellte, hatte dafür keine weitere experimentelle oder thatsächliche Stütze; die Voraussetzung, dass für die Abhängigkeit r von R die einfachste Annahme in Wirklichkeit zutrifft, ist aber durchaus nicht bindend, und es könnten ebenso gut eine ganze Reihe anderer Functionen zwischen r und R der Wahrheit entsprechen.

Allerdings zeigten später die experimentellen Untersuchungen Weber's, dass in der That annähernd ein solches Gesetz, wie es von Bernoulli aufgestellt war, im Bereich der Sinnesempfindungen in gewissen Grenzen vorliege. Dennoch kann Bernoulli's Gesetz unmöglich für das ganze Affectleben giltig sein. So wie die *Fortune physique* für ihre eigene positive oder negative Schwankung, wenn das obige Gesetz überhaupt richtig ist, die Erregbarkeit herabsetzt, so rufen andere affective Reize, wie die tägliche Erfahrung zeigt, das Entgegengesetzte hervor: sie steigern die Erregbarkeit für ihre Schwankung. So wird z. B. durch Schmerz oder ein unangenehmes Ereigniss ein Zustand hervorgerufen, in welchem äussere Einflüsse, deren Unlustwirkung im normalen Zustand unter der Schwelle oder kaum eben merklich zu bleiben pflegt, jetzt unangenehm, ja unerträglich empfunden werden; das Individuum ist „empfindlich", d. h. erregbarer für Unlustreize geworden. Im Allgemeinen und wenn man von allen complicirenden Umständen abstrahirt, ergiebt die Erfahrung folgende Inductionen: Im Zustand der Lust ist die Erregbarkeit für Lustgefühle erhöht und für Unlustgefühle vermindert, im Zustand der Unlust ist die Erregbarkeit für Unlustgefühle erhöht und für Lustgefühle vermindert. Im Zustand der Lust erregen Einwirkungen Lust, die im gewöhnlichen Zustand

diesen Erfolg nicht haben, und Einwirkungen, die sonst Unlust hervorrufen, bleiben affectiv unbetont. Oder im Zustand der Lust ist die Erregbarkeit für solche Einwirkungen, die im normalen Zustand Lust hervorrufen, gesteigert, für solche die Unlust hervorrufen, vermindert; im Unlustzustande umgekehrt. Also sowohl für die Lustgefühle als für die Unlustgefühle ist die Erregbarkeit für positive Schwankungen gesteigert, für negative vermindert.

Jedenfalls findet also im Affect unter bestimmten Umständen ebensowohl eine Erhöhung, als worauf die Psychophysik bis jetzt ausschliesslich geachtet hat, eine Verminderung der affectiven Erregbarkeit statt. Die Frage, die nun vorliegt, ist diese: Welche Relation besteht zwischen der Intensität des Reizes und der durch den Reiz gesetzten erhöhten affectiven Erregbarkeit?

Der experimentellen Untersuchung ist diese Frage vorerst selbstverständlich nicht im Entferntesten zugänglich. Die einfachste Annahme ist, dass für die Zustände erhöhter Erregbarkeit zwischen R und r genau das umgekehrte Verhältniss besteht, wie für die Zustände verminderter Erregbarkeit, dass r umgekehrt proportional R ist. Je mehr die Erregbarkeit erhöht, um so kleiner wird die Schwankung anzunehmen sein, welche schon Erregung hervorbringt. Wenn wir also setzen:

$$n R \cdot \frac{r}{n} = \text{const. oder}$$
$$R \cdot r = \text{const.}$$

so haben wir einen Satz für die gegebenen Verhältnisse, der in der That weder schlechter noch besser fundirt ist, als der Satz von Bernoulli-Laplace über die *Fortune morale et physique*.

Die affective Erregung bliebe sich gleich, wenn das Product aus der Intensität des Reizes in die Aenderung der Intensität das Gleiche bleibt.

Da die Formel für die Zustände erhöhter Erregbarkeit des Nervensystems im Allgemeinen ebensogut Giltigkeit beanspruchen kann, wie für den speciellen Fall des Affectes, so liegt die Möglichkeit vor, dieselbe einer experimentellen Untersuchung an den durch den negativen Pol des galvanischen Stromes hervorgerufenen Zuständen erhöhter Erregbarkeit zu unterziehen. Der aus diesen Resultaten zu ziehende Schluss wird dann dahin gehen, dass mit Wahrscheinlichkeit auch für das psychophysische Gebiet ein ähnliches Gesetz gilt, wie an der peripheren Nervenfaser, da ja auch die Zustände verminderter Erregbarkeit für beide Gebiete einem und demselben Gesetze unterworfen sind. Einen sicheren Beweis wird man allerdings erst dann führen, wenn auch für die affectiven Zustände eine ähnliche Methode existirt, wie für die Sinnesempfindungen; bis dahin aber wird die paradox erscheinende Methode, auf inductivem Wege die Gesetze des menschlichen Affectes am Froschnerven zu studiren, noch immer sicherere

Schlüsse erlauben, als solche aus der einfachsten mathematischen Annahme deducirt werden können.

Wie aus der Eingangs gegebenen Darlegung über den Elektrotonus hervorgeht, heisst also die Frage, die jetzt zu beantworten ist: wie verhält sich, beim absteigenden Strome, die Grösse derjenigen positiven Schwankung, die eine minimale Erregung hervorruft, zu der Intensität des Stromes, von der aus sie stattfindet?

Die folgenden Versuche sind mit derselben Anordnung und in genau der gleichen Weise angestellt, wie die Versuche mit negativen Schwankungen; um die positiven Schwankungen zu bewerkstelligen, waren Dauerstrom und Schwankungsstrom gleich gerichtet.

Versuch XX.

(Anordnung wie bei Versuch II, S. 280, ebenso in den folgenden Versuchen)

Nr.	R	r
1	0	50
2	50	26
3	100	22
4	150	27
5	200	28
6	250	33
7	300	42

Keine tetanischen Erscheinungen.

In diesem Versuche ist die erwartete Abnahme von r bei wachsender Stromstärke von einer Zunahme gefolgt. Es existiren zwei Gebiete von denen uns zunächst das erste interessirt; um dieses genauer zur Anschauung zu bringen, ist in jedem der folgenden Versuche die Bussole etwas empfindlicher eingestellt.

Versuch XXI.

Nr.	R	r
1	0	120
2	50	77
3	100	45
4	150	35
5	200	28
6	250	25
7	300	32
8	400	45

Versuch XXII.

Nr.	R	r
1	0	160
2	40	110
3	80	89
4	120	67
5	160	63
6	200	57
7	300	53

Versuch XXIII.

Nr.	R	r
1	0	400
2	100	265
3	200	170
4	300	140
5	400	110

Diese Versuche genügen, um Folgendes zu constatiren. Die Grösse der Schwankung nimmt bei wachsender Stromstärke erst schnell, dann langsamer ab, erreicht dann einen Wendepunkt, von welchem die Schwankung erst langsam, dann immer schneller an Grösse zunimmt. Zeichnet man die Werthe von R auf der Abscisse, die von r auf die Ordinaten auf, so erhält man eine Curve, die erst sehr steil und in einer fast geraden Linie nach abwärts fällt; doch zeigt sich schon gleich von Anfang an in dieser Linie eine Neigung zur Convexität nach unten, später wird der Abfall der Curve immer flacher, worauf die Wendung nach aufwärts eintritt. Ein bestimmter Theil dieser Linie zeigt in der That eine gewisse Approximation an eine Hyperbel, die Curve der umgekehrten Proportionalität; nur verläuft die Linie fortwährend zu flach und es besteht in keinem Theil derselben die Gleichung $R \cdot r = \text{const.}$

Es lohnt nun vorerst nicht, genauere Berechnungen dieser Linie anzustreben; folgende Betrachtung wird zeigen, dass in diesen Versuchen eine Complication mit unterläuft, die es zweifelhaft erscheinen lässt, ob man überhaupt mit positiven Schwankungen des absteigenden Stromes der Frage nach den Zuständen erhöhter Erregbarkeit im Allgemeinen wird genügen können.

Diese Complication besteht in der von Pflüger entdeckten Wanderung des Indifferenzpunktes bei der Stromverstärkung. Die Wanderung des In-

differenzpunktes bringt es mit sich, dass ein gewisser Theil der zu erregenden Strecke bei schwachen Strömen im Zustande des Katelektrotonus, bei starken Strömen im Zustande des Anelektrotonus sich befindet. Bei wachsender Stromstärke fällt also ein immer grösserer Theil des katelektronisirten, d. h. des zu erregenden Gebietes weg. Der Katelektrotonus wird durch den sich intrapolar vordrängenden Anelektrotonus gewissermaassen an seiner naturgemässen Entwickelung verhindert und der oben constatirte Wendepunkt kann ungezwungen daraus erklärt werden, dass die katelektrotonische Insensitätsvermehrung in ihrer erregenden Wirkung der Extensitätsverminderung nun bei starken Strömen nicht mehr gewachsen ist. Hieraus folgt, dass man nicht berechtigt ist, zwischen Stromintensität und Stärke des katelektrotonischen Zustandes jenes einfache Verhältniss anzunehmen, welches unsere Frage voraussetzt, und welches für den anelektrotonischen Zustand in der That vorausgesetzt werden darf. Die mitgetheilten Versuche hätten also vorerst keine Bedeutung in allgemein neurophysischer Beziehung, sondern nur für die speciellen katelektrotonischen Verhältnisse; wir sind somit keineswegs berechtigt, aus dem Versuchsergebniss ein zweites neurophysisches Gesetz, für die Zustände erhöhter Erregbarkeit im Allgemeinen, zu formuliren, obgleich selbstverständlich die Möglichkeit nicht bezweifelt werden soll, dass diese Zustände einem weniger einfachen Gesetz unterliegen, als es die oben gegebenen Auseinandersetzungen erwarten lassen.

Eine Entscheidung wird nicht unwahrscheinlich durch Untersuchung der Erregbarkeit der extrapolaren katelektrotonischen Strecke des absteigenden Stromes gewonnen werden können, wenn man bei grosser Spannweite der Elektroden z. B. mechanisch reizt und die auf ihre Schwelle bezogenen Reize zu einander in Beziehung setzt.

Uebergang aus verminderter in erhöhte Erregbarkeit.

Nach diesen Untersuchungen über verminderte Erregbarkeit einerseits, über erhöhte Erregbarkeit andererseits bleibt nun noch ein drittes Gebiet zu bearbeiten: wie verhält sich die Erregung bei einem Uebergang, nicht zwischen zwei Zuständen erhöhter oder zwischen zwei Zuständen verminderter Erregbarkeit, sondern bei einem Uebergang aus erhöhter in verminderte Erregbarkeit oder umgekehrt aus verminderter in erhöhte Erregbarkeit.

Es liegen also sofort zwei Fragen zur Beantwortung vor; da jedoch Erregung gemäss der Lehre vom Elektrotonus nur an demjenigen Pol stattfindet, an welchem Anelektrotonus in Katelektrotonus übergeht und nicht auch am anderen, so ist hier nur die eine Frage der Untersuchung zugäng-

lich: wie verhält sich die Erregung bei einem Uebergang aus verminderter in erhöhte Erregbarkeit?

Es entsteht somit die Aufgabe, eine Strecke des Nerven aus dem Zustand des Anelektrotonus ohne Stromunterbrechung in den Zustand des Katelektrotonus überzuführen. Dieser Aufgabe ist die Eingangs beschriebene Anordnung völlig gewachsen; wenn Dauer- und Schwankungsstrom einander entgegengesetzt gerichtet sind und letzterer ersteren an Intensität übertrifft, so wird bei der Schwankung, wenn der Dauerstrom aufsteigend gerichtet ist, dieser aufsteigende Strom ohne Unterbrechung über den Nullpunkt hinüber in den absteigenden Strom übergeführt werden.

In der mypolaren Strecke wird alsdann eine Erregung dadurch stattfinden, dass der anfängliche Anelektrotonus in Katelektrotonus übergeht; bei den äusserst schwachen Strömen, die im Folgenden angewendet sind, wird sich die Veränderung der Erregbarkeit über die ganze anfänglich anelektrotonisirte Strecke verbreiten, weil die Lage des Indifferenzpunktes bei solchen schwachen Strömen für die Ausdehnung des Katelektrotonus günstiger ist, als für die des Anelektrotonus.

Aus welchem Grunde nur schwache Ströme hier zur Verwendung kommen, wird sich sogleich ergeben, doch sind zunächst einige erleichternde Bezeichnungen für die etwas complicirten Verhältnisse festzustellen.

R ist wie bisher die Intensität des aufsteigenden Stromes, von der die Schwankung ausgeht, r diese Schwankung, die nun in den folgenden Versuchen über den Nullpunkt hinüber stattfindet. Das Gebiet der R-Werthe nenne ich das positive Feld, das Gebiet auf der entgegengesetzten Seite des Nullpunktes das negative Feld. Die Schwankung r findet also aus dem positiven in's negative Feld statt. Derjenige Theil von r, welcher auf das negative Feld fällt, sei $\mathfrak{R}$, also $r - R = \mathfrak{R}$. Der Schwellenwerth des aufsteigenden Stromes, also diejenige Grösse des aufsteigenden Stromes, die eine minimale Oeffnungszuckung auslöst, sei $'P$ und schliesslich ϱ der Schwellenwerth des absteigenden Stromes, d. h. diejenige Grösse desselben, welche eine minimale Schliessungszuckung hervorruft.

Da nun im Folgenden die Methode der minimalen Erregung beibehalten werden soll, so ist sofort klar, dass die Untersuchung auf ein ganz engumschriebenes Gebiet beschränkt ist. Die Schwankung kann nur von solchen R-Werthen ausgehen, die unter der Schwelle $'P$ des aufsteigenden Stromes liegen; da sonst schon eine Erregung auftreten würde, ohne dass die Schwankung in's negative Feld hinübergeführt hätte. Deshalb werden nur schwache Ströme angewendet werden können.

Versuchen wir nun zunächst einen Ueberblick über dieses Gebiet zu erhalten und bestimmen für eine Reihe von R-Werthen, welche zwischen 0 und P liegen, die zugehörigen Schwankungen r, so ergiebt sich:

Zunächst geht beim Anwachsen von R die Grösse der Schwankung vollkommen parallel mit der Stromintensität, von der aus sie stattfindet, so dass jedem bestimmten Zuwachs auf dem positiven Feld ein ebenso bestimmter Zuwachs der Schwankung auf dem negativen Feld entspricht. Dann tritt bei einer gewissen Stromstärke ziemlich plötzlich ein zweites Stadium ein, in welchem, zu je höheren Stromstärken man schreitet, die Schwankungen nicht mehr zu, sondern rasch abnehmen. Die Werthe R auf dem negativen Felde nähern sich damit dem Nullpunkt, von dem sie sich vorher immer mehr entfernt halten, und es erscheint dann die Oeffnungszuckung des aufsteigenden Stromes.

In den folgenden Versuchen habe ich mich nun bestrebt, nur das erste Stadium zu studiren und dem zweiten Stadium zunächst möglichst fern zu bleiben. Zu diesem Behuf wurden die Reizungen an dem unteren Abschnitt des Froschischiadicus vorgenommen, da dieser für die Oeffnung des aufsteigenden Stromes sehr viel weniger erregbar ist, als die oberen Abschnitte des Nerven; und die Schwankungen wurden nur von solchen R-Werthen vorgenommen, die erheblich unter der Schwelle $'P$ lagen. Im Uebrigen galten für die Ausführung der Versuche dieselben Regeln, wie in den bisher mitgetheilten.

Versuch XXIV.

Anordnung wie bei Versuch II, S. 280, ebenso in den folgenden Versuchen; die Elektroden 1 cm vom Muskel entfernt, $^1/_2$ cm Spannweite.

Nr.	R	r	$r-\varrho$	$\frac{R}{r-\varrho} = Q,$
1	50	130	85	0·59
2	100	210	165	0.61
3	150	295	250	0·60
4	200	382	337	0·59
5	250	455	410	0·61
6	300	549	505	0·59

$\varrho = 45$ sc.

Diesem Beispiele sind sofort einige Bemerkungen anzufügen. Wie man leicht finden wird, ergiebt die Division der R-Werthe durch ihre zugehörigen Schwankungen kein constantes Verhältniss, es findet vielmehr ein fortwährendes Wachsen des Quotienten $R : r$ statt. Dividirt man dagegen R durch das um ϱ verminderte r, so erhält man eine tadellose Reihe constanter Werthe. Der Vermehrung von R im positiven Felde entspricht genau die Vermehrung von r im negativen Felde. Deshalb wird auch in den folgenden Versuchen unter $Q,$ stets $\frac{R}{r-\varrho}$ verstanden sein.

Versuch XXV.

Nr.	R	r	$r-\varrho$	$Q_{,}$
1	50	146	91	0·55
2	100	223	168	0·59
3	150	289	243	0·62
4	200	375	320	0·62
5	250	452	397	0·63
6	300	540	485	0·62

$\varrho = 55^{sc}$.

Versuch XXVI.

Nr.	R	r	$r-\varrho$	$Q_{,}$
1	50	135	75	0·67
2	100	206	146	0·68
3	150	285	225	0·66
4	200	358	298	0·67
5	250	420	360	0·69
6	300	510	450	0·67

$\varrho = 60^{sc}$.

Versuch XXVII.

Nr	R	r	$r-\varrho$	$Q_{,}$
1	50	170	85	0·59
2	100	254	169	0·59
3	150	345	260	0·58
4	200	430	345	0·57
5	250	510	425	0·59
6	300	600	515	0·58

$\varrho = 85^{sc}$.

Versuch XXVIII.

Nr.	R	r	$r-\varrho$	$Q_{,}$
1	50	165	85	0·59
2	100	240	160	0·62
3	150	305	225	0·66
4	200	410	330	0·60
5	250	480	400	0·62
6	300	548	468	0·64

$\varrho = 80^{sc}$.

Versuch XXIX.

Nr.	R	r	$r-\varrho$	$Q_,$
1	50	180	90	0·55
3	100	250	160	0·63
3	150	327	237	0·61
4	200	404	314	0·63
5	250	478	388	0·64
6	300	580	490	0·61

$\varrho = 90^{\text{sc}}$.

Wie man sieht, wiederholen sich in den Versuchen die Zahlen in so ungemein gleichförmiger Weise, dass es zwecklos wäre, mehr Beispiele mitzutheilen. Als einen Grund dieser grösseren Gleichförmigkeit gegenüber den bisher mitgetheilten Versuchen glaube ich anführen zu müssen, dass es sich hier nur um die Anwendung schwacher Ströme handelte, so dass eine der grössten Fehlerquellen, die Nebenwirkungen starker Ströme, hier fast ganz wegfiel. In Uebereinstimmung hiermit waren auch tetanische Erscheinungen nur ganz ausnahmsweise beobachtet. Von Wichtigkeit bei diesen Versuchen ist eine möglichst genaue Bestimmung von ϱ; es ist erforderlich, nach jedem Einzelglied diese Grösse immer wieder zu bestimmen und sich zu überzeugen, ob keine wesentliche Veränderung der Erregbarkeit stattgefunden hat, wie dies sehr häufig, in den ersten Minuten, während der Nerv durchströmt wird, in der That vorzukommen pflegt.

Das Gesetz, welches diese Versuche ergeben, drückt sich in der Formel aus:

$$\frac{R}{r-\varrho} = \text{const.}$$

Es lassen sich im Anschluss an diese Formel sofort zwei Thatsachen feststellen: Erstens constatirt diese Formel für ein Gebiet unter der Schwelle das Verhältniss indirecter Proportionalität zwischen geänderter Erregbarkeit und erregbarkeitänderndem Reize, welches wir schon für ein bestimmtes Gebiet über der Schwelle festgestellt haben. Zweitens tritt hier die ebenfalls oben S. 298 schon erwähnte Thatsache sehr schön hervor, dass der Werth, der für einen und denselben Nerven die Bedeutung einer constanten Zahl hat, dies Verhalten auch für die Nerven ganz verschiedener Individuen derselben Thiergattung zeigt. Ueberall in den zuletzt mitgetheilten Versuchen handelt es sich um Werthe von $Q_,$, die nur ganz unbedeutend um die Zahl 0·60 herumschwanken.

Die gegebene Formel lässt sich nun vereinfachen, indem es durch eine mathematische Operation möglich ist, den Theil der Schwankung, der auf

dem positiven Felde stattfindet, zu eliminiren, so dass die constante Zahl Q, sich lediglich bezieht auf den anfänglich vorhandenen Anelektrotonus und den entstehenden Katelektrotonus.

Es ist nämlich $r = R + \mathfrak{R}$,

also

$$\frac{R}{R + \mathfrak{R} - \varrho} = \text{const.}$$

also

$$1 + \frac{R}{\mathfrak{R} - \varrho} = \text{const.}$$

also

$$\frac{R}{\mathfrak{R} - \varrho} = \text{const.}$$

Es liegt nunmehr in sehr klarer Weise ein drittes neurophysisches Gesetz vor, welches das Verhältniss des Uebergangs aus verminderter in erhöhte Erregbarkeit bestimmt und folgendermaassen lautet:

Bei dem Uebergang aus einem Zustand verminderter in erhöhte Erregbarkeit bleibt in einem bestimmten Gebiete unterschwelliger Werthe des die Erregbarkeit vermindernden Reizes die Erregung gleich, wenn das Verhältniss des die Erregbarkeit vermindernden Reizes zu dem um seinen Schwellenwerth verminderten die Erregbarkeit erhöhenden Reize das gleiche bleibt.

Wenn hiermit versucht worden ist, die Gesetzmässigkeiten, welche für die verschiedenen Erregbarkeitszustände gelten, und von welchen bisher nur der eine im Weber'schen Gesetze vorliegende specielle Fall bekannt war, einem systematischen Studium zu unterziehen, so ist es kaum nöthig, besonders zu betonen, dass dieser Versuch vorerst nur ein anfänglicher geblieben ist. Es ist ohne Weiteres klar, dass die besprochenen Gesetze zunächst nicht im Allgemeinen, sondern nur für diejenigen Verhältnisse als gültig angesehen werden können, für welche der Nachweis erbracht ist. Die Fortsetzung dieser Untersuchungen wird sich damit beschäftigen, auch für die anderen Reize analoge Erhebungen anzustreben, sowie eine Anzahl sich anschliessender Fragen, von denen manche im Vorhergehenden berührt, andere auch unerwähnt geblieben sind, in Angriff zu nehmen. Erst nach all diesen experimentellen Feststellungen wird es angemessen sein, dem ganzen hier in Umrissen gezeichneten Gebiet eine ausführliche Darstellung angedeihen zu lassen.

Experimentelle Untersuchungen zur Physiologie des Geruchs.

Von

Ed. Aronsohn,
Cand. med. in Berlin.

(Aus der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts zu Berlin.)

Von den nachfolgenden Untersuchungen sind die meisten bereits in den Sitzungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin vorgetragen, einige auch in kürzeren oder längeren Auszügen[1] in den von dieser Gesellschaft herausgegebenen Verhandlungen mitgetheilt worden. Eine Zusammenstellung und einheitliche Darstellung des gesammten Materials erschien mir jedoch um so nöthiger, als im Laufe der zwei Jahre, welche diese Untersuchungen beanspruchten, sowohl das scheinbar abgeschlossene, thatsächliche Material von neuen Gesichtspunkten zu betrachten war, als auch ungenügend geprüfte Erscheinungen bestätigt werden mussten. Sicher ist aber für denjenigen, der diese Disciplin mit Interesse verfolgt, eine genaue Beschreibung der Versuchsmethode und des Versuchverlaufs dringend geboten, da man gerade den Angaben über subjective Erscheinungen das grösste Misstrauen entgegenzubringen pflegt.

Ich verdanke diese lehrreiche Arbeit, die mich bald mit Interesse und Liebe für die experimentell-physiologische Thätigkeit erfüllte, der

[1] Ed. Aronsohn, Zur Physiologie des Geruchs. (Widerlegung des Weber'schen und Bidder'schen Lehrsatzes und über Ermüdung und Erholung des Olfactorius als Referate.) *Dies Archiv.* 1884. S. 163.

[2] Ed. Aronsohn, Die elektrische Geruchsempfindung (in extenso). *Dies Archiv.* 1884. S. 460.

freundlichen Anregung des Hrn. Prof. H. Kronecker und ich komme gern der angenehmen Pflicht nach, meinem hochverehrten Lehrer an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank für die vielfachen Rathschläge und Unterstützungen auszusprechen, welche mir derselbe zu jeder Zeit zu Theil werden lässt.

Capitel I.

Widerlegung des Weber'schen Lehrsatzes: dass riechende Flüssigkeiten, in die Nase gebracht, nicht riechen.[1]

In allen Lehrbüchern der Physiologie finden wir den schon der allgemeinen Voraussetzung so bequem entsprechenden, durch Tourtual's[3] und Ernst Heinrich Weber's Versuche als bewiesen angesehenen Satz: dass in der Luft lebende Thiere nur die in der Atmosphaere verbreiteten Stoffe zu riechen vermögen, die Fähigkeit zum Riechen aber, wie Weber sagt, augenblicklich verloren gehe, wenn man die Nase mit kaltem oder warmem Wasser erfüllt.

Von Vintschgau[3] verallgemeinert die Weber'schen Erfahrungen zu folgenden fundamentalen Sätzen der Physiologie des Geruchs. „Damit die Gerüche auf den Olfactorius einwirken können, ist es nothwendig, dass dieselben entweder schon in Gasform sich befinden, oder dass sie sich bei irgend einer Temperatur verflüchtigen können .... Wir wissen gegenwärtig, dass beim Menschen (und wahrscheinlich auch bei allen in der Luft lebenden Wirbelthieren), ein tropfbarer Körper, der einen Riechstoff enthält und mit der Nasenschleimhaut in Berührung kommt, gar keine Geruchsempfindung erregt, und dass die Schleimhaut der Regio olfactoria, wenn sie von einer, scheinbar auch unschädlichen Flüssigkeit benetzt wird, die Fähigkeit Geruchseindrücke aufzunehmen, auf kurze Zeit verliert."

Tourtual hat seine Beobachtungen im Jahre 1827 veröffentlicht. Es ist nun sehr wunderbar, dass Joh. Müller[4] in seinem Lehrbuche trotz der ausführlichen Besprechung der Physiologie des Geruchs nichts davon erwähnt. Ob nun Joh. Müller wirklich nichts von jener Entdeckung gewusst, oder sie zwar gekannt, aber sie nicht hat anerkennen und ihr

---

[1] E. H. Weber, Ueber den Einfluss der Erwärmung und Erkältung der Nerven auf ihr Leitungsvermögen. *Dies Archiv.* 1847. S. 342.

[2] Tourtual, *Die Sinne des Menschen.* 1827.

[3] v. Vintschgau, Physiologie des Geruchssinnes in Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. III. Abth. 2. S. 257.

[4] Joh. Müller, *Handbuch der Physiologie.* Bd. II. 1840. S. 483 ff.

irgend welche Bedeutung schenken wollen, das kann ich freilich nicht sagen. In der That sind Tourtual's Versuche wenig Vertrauen erweckend. Seine Methode kann als in allen Punkten fehlerhaft bezeichnet werden. Schon die unverständliche Mischung von 1) einer complicirten Auflösung von Kochsalz, Glaubersalz, Wermuthextract und diluirter Schwefelsäure in Wasser, 2) eines Gemisches von destillirtem Wasser, Salzsäure, eines mit fixer Luft geschwängerten Wassers, einer wässrigen Lösung der Vitriolnaphtha und der versüssten Salpetersäure kann unseren Beifall nicht gewinnen. Vollends müssen wir unseren Zweifel ausdrücken, ob durch Schnupfen einer Flüssigkeit oder Injection mittels einer zinnernen Mundspritze, auch wenn deren Rohr recht hoch in die Nase hinaufgeschoben wird, die Flüssigkeit wirklich in die Regio olfactoria gelangen kann. Ob die Flüssigkeit gleich wieder durch die Choanen hinausfloss, oder dieselben geschlossen waren, wie lange die Flüssigkeit in der Nase gehalten wurde und welche Temperatur sie gehabt, sagt uns Tourtual nicht. Hätte Joh. Müller in seinem Lehrbuche Tourtual's Versuche mit Absicht übergangen, so wäre es demnach leicht zu verstehen.

Einen bedeutenden Fortschritt in der Versuchsanordnung finden wir in dem citirten Aufsatze von Weber. Er schreibt darüber Folgendes:

„Wird 1 Theil Eau de Cologne zu 11 Theilen lauwarmem Wasser zugesetzt und geschüttelt, so erhält man eine trübe, stark nach Eau de Cologne riechende Flüssigkeit. Werden beide Nasenhöhlen mit dieser Flüssigkeit angefüllt, so empfindet man den Geruch des Eau de Cologne zwar in dem Augenblicke, wo die Flüssigkeit in die Nase einströmt, nicht aber, wenn die Nasenhöhle damit erfüllt ist. Ich habe, fährt er fort, die Nasenhöhle einige Zeit mit jenem Gemenge gefüllt erhalten und genau beobachtet, ob ich einen Geruch wahrnähme, und ich kann mit Bestimmtheit sagen, dass ich, während die Höhlen der Nase mit der Flüssigkeit erfüllt waren, nichts davon gerochen habe. Nachdem die Flüssigkeit wieder aus der Nasenhöhle herausgeflossen war, hatte ich den Geruch auf kurze Zeit ebenso wie durch reines Wasser verloren, so dass ich nicht einmal den Geruch der so flüchtigen reinen Essigsäure empfand. Dasselbe ist der Fall, wenn man die Nase mit Zuckerwasser erfüllt, es verursacht dasselbe keinen Geruch und keinen Geschmack, nicht einmal dann, wenn man es einige Zeit in der Nase erhält und es daher längere Zeit mit dem obersten Theile des Schlundes und mit demjenigen Theile des Gaumens in Berührung erhält, mit welchem die Verschliessung bewirkt wird. Den Geruchssinn hebt es ebenso auf wie reines Wasser. Wasser und Zuckerwasser bringen bei mir gar keine, jene Mischung von Wasser und Eau de Cologne bringt nur eine geringe Reizung in der Nase hervor, so dasss nicht einmal Reiz zum Niesen eintritt.“

Diese beiden Weber'schen Versuche 1) mit einem Theile Eau de Cologne auf elf Theile Wasser und 2) mit Zuckerwasser, die in ganz gleicher Weise von Valentin[1] angestellt und bestätigt wurden, gaben die Grundlage für das Gesetz, dass nur in der Luft suspendirte Riechstoffe riechbar seien.

Doch die Weber'sche Lehre erscheint schon a priori unhaltbar.

Denn, ist es wahr, dass die Geruchsperception nur durch die Luft vermittelt werden kann, so knüpft sich unmittelbar die allgemein interessante Frage an, wie riechen denn die Wasserthiere? Nicht allein ist der ganze Geruchsapparat der Fische bis selbst auf die Endorgane des Olfactorius nach denselben anatomischen Bedingungen gebaut, wie derjenige der Säugethiere, sondern eine jahrhundertalte Erfahrung, von der uns Scarpa[2] und Milne Edwards[3] eine reiche Anzahl von Beispielen aufführt, lehrt auch, dass die Fische thatsächlich riechen. Es ist freilich leicht zu behaupten — wenn man dem Weber'schen Satze nicht zu nahe treten will —, der Olfactorius der Fische rieche nicht, sondern schmecke, aber den Beweis hierfür hat Niemand gegeben und wird wohl Niemand erbringen.

Bevor man den Weber'schen Satz kannte, galt es als selbstverständlich, dass auch im Wasser lebende Thiere riechen. Haller[1] citirt für diese Ansicht: Aristoteles, Rondelet, Richter und Monro. Ferner schreibt Muncke in Gehler's physikal. Wörterbuch 1828 in dem Artikel über Geruch „dass die Behauptung, die Fische haben kein eigentliches Geruchsorgan, sondern dieses sei vielmehr mit dem Geschmacksorgan verbunden, im Widerspruche stehe mit der Ausbildung und Stärke des Geruchsnerven. Die Verbreitung und Fortpflanzung der Gerüche im Wasser auf die in demselben befindliche Luft zurückzuführen, dürfte unnöthig sein, indem gar kein Grund vorhanden ist dieses Vermögen dem Wasser nicht unmittelbar beizulegen, wofür ohnehin Analogie und Erfahrung sprechen." Auch Bischoff[5] bezweifelt nicht, dass die Fische bei einem so deutlich vorhandenen und ausgebildeten Sinnesnerven auch merklich Geruchsempfindung besitzen. Dieselbe Ansicht vertritt auch Joh. Müller:[6]

---

[1] G. Valentin, *Lehrbuch der Physiologie.* 1848. Bd. II. Abth. 2.

[2] Scarpa, *Anatomicae disquisitiones.* 1795. S. 78. § XVI.

[3] Milne Edwards, *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée.* Paris 1876. IX.

[4] Albrecht von Haller, *Anfangsgründe der Physiologie.* 1772. Bd. V. S. 520. (Uebersetzt von J. S. Haller.)

[5] Bischoff, *Encyclopädisches Wörterbuch der medicinischen Wissenschaften.* 1836.

[6] J. Müller, Geruchssinn. *Handbuch der Physiologie.* 1840. Bd. II. S. 484.

„Bei den Fischen sind die riechbaren Stoffe im Wasser enthalten"

und ferner:

„Die Auflösung der Riechstoffe im Wasser kann natürlich kein Grund sein, den Fischen den Geruch abzusprechen und in die Nase der Fische den Geschmack zu setzen. Denn das Wesentliche der Geruchsempfindung liegt nicht in der gasförmigen Natur des Riechbaren, sondern in der specifischen Empfindlichkeit der Riechnerven und ihrem Unterschied von der specifischen Empfindlichkeit der Geschmacksnerven. Auch das Riechbare muss sich erst im Schleim der Nasenschleimhaut auflösen, ehe es die Geruchsnerven afficiren kann, und dieselbe Art der Verbreitung muss hier stattfinden, die bei der Vertheilung eines Riechstoffes im Wasser geschehen muss."

Im Weiteren führt Joh. Müller noch ausführlich aus, wie die Fische schon nach ihren anatomischen Einrichtungen die Fähigkeit zum Riechen haben müssen.

Um mich augenscheinlich von dem Riechvermögen der Fische zu überzeugen, warf ich zweien Goldfischchen, von deren gutem Appetit ich mich vorher überzeugt hatte, stark mit Nelkenöl oder Tinct. asae foetidae getränkte Ameiseneier vor. Sobald die Fische die Eier liegen sahen, kamen sie herangeschwommen und wollten schnell nach ihnen greifen; kaum hatten sie die Eier aber nur ganz oberflächlich mit der Schnauze berührt, so schnellten sie flugs zurück. Dies konnte aber noch als Folge eines Reizes auf die Schnauze aufgefasst werden; dass aber dem nicht so sei, dass das Fahrenlassen der Beute nur durch die unangenehme Geruchsempfindung bedingt war, das bewiesen die Fischchen in vielen anderen Fällen, wo sie sich schon aus einer Entfernung von einigen Millimetern mit den ausgesprochendsten Erscheinungen des Unwillens von der lieben Speise abwandten.

Der Weber'sche Satz steht uns aber noch in einer anderen hochwichtigen Frage hinderlich und störend im Wege, nämlich: wie der Vorgang bei der Geruchsempfindung sei.

Es ist bekannt, dass die aromatischen Kräuter und Bitumen haltigen Stoffe im trockenen Zustande einen nur schwachen bez. gar keinen Geruch besitzen, einen deutlichen und ziemlich starken Geruch verbreiten, wenn sie angefeuchtet sind. Die Feuchtigkeit scheint also das Ausströmen des Riechbaren zu begünstigen und, wie wir bald sehen werden, auch die Perception durch unser Geruchsorgan. Wir wissen nämlich, dass überall bei allen Thiertypen, die ein Geruchsorgan besitzen, das Riechepithel stets von einem Secret benetzt wird, welches besonderen Drüsen entquillt.

Joh. Müller, Ludwig, Brücke, Bidder u. A. m. stimmen darin überein, dass die Gegenwart der Drüsen von Bedeutung sei für die Bildung eines besonderen Lösungsmittels für die Riechstoffe und Fröhlich[1] gibt bei seinen Vergiftungsversuchen des Olfactorius an, dass bei der örtlichen Einwirkung des Strychnins trotz der profusen Schleimsecretion die gesteigerte Geruchsempfindung nicht abnahm. Auch ich hatte Gelegenheit mich zu überzeugen, dass eine stärkere Secretion der Drüsen die Geruchsschärfe nicht beeinträchtigt. Einer Frau, die wegen profuser Secretion der rechten Nasenhälfte in die Poliklinik des Hrn. Prof. B. Fränkel kam, gab ich verschiedene Stoffe zu riechen, die sie alle mit grosser Schärfe unterschied. Ich liess sie darauf abwechselnd bald das rechte bald das linke Nasenloch schliessen und dann riechen; sie gab darauf mit Bestimmtheit an (und Vexirversuche bestätigten ihre Angaben), dass sie mit der rechten Nasenhälfte, auf der die profuse Secretion stattfand, viel besser rieche als mit der linken.

Einen solchen Vergleich aufzustellen, wie Cloquet[2] thut: „Der Geruch verhalte sich zur Luft wie das Schmeckbare zum Flüssigen," halte ich demnach für ganz unstatthaft; gleichzeitig erinnere ich, dass auch Joh. Müller Kant's Vergleich unrichtig schien:

„Dass der Geruch ein Geschmack in die Ferne sei."

Bidder[3] findet nun in dieser von der Natur getroffenen Einrichtung, dass gehörige Anfeuchtung der Nasenschleimhaut von dem Schleim eine zum Riechen unerlässliche Bedingung sei, die Erklärung für die Art und Weise der Geruchsperception, indem er meint, dass das Riechbare durch Endosmose der Nervenausbreitung zugeführt werden. „Indessen" fährt er fort, „die Endosmose allein kann es auch nicht machen, denn in diesem Falle müsste auch ein Riechstoff im flüssigen Zustande direkt Geruchsempfindung veranlassen können".

Weber's Versuche, die angestellt worden sind im Kindesalter der exacten Physiologie und im Widerspruch stehen mit zweien Einrichtungen der Natur: dass auch im Wasser lebende Thiere riechen, und dass das Geruchsorgan selbst für seinen Bedarf an Flüssigkeit gesorgt hat, fordern dringend eine Wiederholung und Prüfung auf Grund der seither gewonnenen Erfahrungen. Diese sind aber derart, dass sie gerade die Bedingungen, unter denen Weber seine Versuche anstellte, gänzlich ausschliessen. Vor

[1] Fröhlich, Ueber einige Modificationen des Geruchssinnes. *Sitzungsberichte der Wiener Akademie.* Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. 1851. Bd. VI.

[2] Cloquet, *Osphresiologie oder die Lehre von den Gerüchen.* Weimar 1824. Aus dem Französischen übersetzt.

[3] Bidder, Artikel „Riechen". Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie.* Bd. II. S. 916.

Allem werden wir daran denken müssen, das auf die freiliegenden Riechzellen deletär einwirkende Wasser aus der Versuchsanordnung zu eliminiren und uns einer Flüssigkeit zu bedienen, durch welche die zarten Zellengebilde der Schleimhaut nicht afficirt werden. Kronecker hatte, wie er mir mittheilte, schon seit dem Jahre 1869, wo er den Gebrauch der O. Weber-schen Nasendouche an sich üben gelernt, die Erfahrung gemacht, dass sein Geruch nicht leidet, wenn er $^1/_2$procentige Kochsalzlösung durch die Nase leitete, dass aber Wasser höchst schmerzhaft und geruchstörend sei. Grünhagen,[1] der den Weber'schen Versuch auch nicht für beweisend hält, dass gelöste Riechstoffe in die Nase gebracht nicht Geruch erzeugen, schlägt als eine die Nervenapparate nicht afficirende Flüssigkeit das Blutserum vor. Hr. Prof. Kronecker rieth mir 0·6 procentige Kochsalzlösung von Blutwärme als Lösungsmittel für riechende Perfusionen zu verwenden, weil er und seine Mitarbeiter zu Durchspülungen der Schenkelmuskeln, Froschherzen und Infusionen in die Blutgefässe anaemischer Thiere eine solche Kochsalzlösung brauchbar gefunden hatten. Einen weiteren Fortschritt in der Versuchsmethode gegenüber der von E. H. Weber angewandten haben wir in der von seinem Sohne Th. Weber angegebenen, allgemein gekannten und gebrauchten Nasendouche. Ich beschloss daher

1. eine solche procentische Zusammensetzung der riechenden Flüssigkeit zu gebrauchen, bei der jede Störung der Empfindlichkeit ausgeschlossen blieb.

2. diejenige Temperatur zu bestimmen, welche für die Geruchswahrnehmung am besten schien.

Zur Versuchsanordnung habe ich zu bemerken, dass ich mich zweier tubulirter in 50 ^{ccm} eingetheilter Flaschen bediente, deren jede mit einem Rohre eines ⊥-Hahnes communicirte; durch das dritte Rohr war der Inhalt der einen oder der anderen der Nase zuzuführen. Die Lösung, bestehend aus der auf ca. 40° erwärmten indifferenten Na Cl-Lösung und einer bestimmten Menge des zu untersuchenden Riechstoffes, liess ich in vornüber gebeugter Stellung aus einer Höhe von etwa $^1/_2$ Meter durch eine Eichel in die Nase fliessen.

Bevor ich an die Ausführung dieses Planes ging, verfehlte ich nicht, den Weber'schen Versuch mit wässriger Eau de Cologne genau in der von ihm angegebenen Weise anzustellen. Was ich aber erhielt, war: eine furchtbare Explosion der allerunangenehmsten und schmerzhaftesten Gefühle in der Nase, so dass ich kaum 1—2 Secunden in diesem Zustande aushalten konnte und nicht zur Besinnung kam, ob ich da noch gerochen

[1] O. Funke's *Lehrbuch der Physiologie.* Bearbeitet von A. Grünhagen. 1876. Bd. II. S. 88.

habe oder nicht. Dieses diente mir insofern zur Lehre, als ich bei dem ersten Versuche, den ich nach meiner Methode mit 0·5 Nelkenöl zu 100 Th. einer 0·6 proc. Kochsalzlösung anstellte, den lebhaft stechenden Schmerz, den ich hierbei in der Nase erhielt, zu würdigen wusste, und ich gleich zu schwächeren Lösungen überging. Bei 0·5 Nelkenöl zu 250 Thl. NaCl Wasser von 37° C. erhielt ich zum ersten Male einen ziemlich deutlichen Geruch, der aber 10 Sec. später durch einen heftig auftretenden Schmerz betäubt wurde. Erst bei einer Temperaturerhöhung bis auf 38° konnte ich ca. 30—40 Secunden lang die Flüssigkeit riechen und somit

> den Weber'schen Satz: dass eine Geruchsempfindung nur dann zu Stande kommt, wenn die riechenden Theilchen in einem Luftstrom dem Geruchsorgan zugeführt werden,

als widerlegt betrachten.

Nun lag mir vor Allem sehr viel daran, auch von anderen Personen meine Beobachtung bestätigt zu sehen. Es hatten die Güte sich diesem Versuche zu unterziehen: zunächst einige Herren, die im Laboratorium arbeiteten, sodann viele Bekannte und Freunde: Studenten, Doctoren und Professoren der Medicin. Diese alle sachverständigen Zeugen haben entgegen der Weber'schen Behauptung, dass nur während des Einfliessens der Flüssigkeit in die Nase gerochen werde, in 20—30 Fällen ausgesagt, dass sie dauernd, die einen während der ganzen Zeit, da sie die Nase gefüllt erhielten, gerochen haben, die anderen mehr oder weniger lange, aber immerhin so lange, dass jeder Zweifel von einer nur augenblicklichen Empfindung während des Momentes des Einfliessens völlig ausgeschlossen blieb.

Ich will aber auch nicht unerwähnt lassen, dass mein Freund Hr. Dr. Lewy und Hr. Dr. Schmey weder zu Anfang, noch während die Nase mit Flüssigkeit erfüllt war, noch während des Ausfliessens riechen konnten. Hr. Cand. med. Backhaus verspürte nur beim Hinausfliessen(!) einen Geruch. Ich bin überzeugt, dass auch die oben genannten beiden Herren wohl die in der Nase befindliche Flüssigkeit gerochen hätten, wenn sie die ihnen zusagende Concentration, Temperatur u. s. w. herauszufinden sich die Mühe gegeben hätten.

Es sei noch bemerkt, dass Temperaturen von über 37·5° C. sich für die Geruchsperception günstiger erwiesen als Temperaturen unter 37·5° C.; ich bediente mich gewöhnlich einer Temperatur von 40° C.—44° C. Dass das Riechvermögen stärker hervortritt bei höherer Temperatur kann einen doppelten Grund haben; es kann sowohl eine Eigenthümlichkeit der riechenden Substanz als auch der Nerven sein. Von den ätherischen Oelen schreibt nämlich Valentin (a. a. O.): „wenn Flaschen, deren Inneres 23—25° C. angab, nicht dufteten, so brauchte er sie nur kurze Zeit dem Sonnenlichte auszusetzen, damit man die unbe-

deutende Menge des Rosen- oder Pfeffermünz- oder des Nelkenöls auf das Deutlichste roch." Die grössere Empfindlichkeit des Riechnerven für die Riechstoffe in der Wärme findet seine Erklärung in der bekannten Erfahrung, dass im Allgemeinen die Erregbarkeit der Nerven mit ihrer Erwärmung bis zu den genannten Graden zunimmt.

Die Reihe der von mir angewandten Riechstoffe ist: reines Nelkenöl, Campher, Eau de Cologne, Cumarin und Vanillin. Im Ganzen habe ich an mir selbst etwa

45 Versuche mit Nelkenöl,
10 " " Campher,
20 " " Eau de Cologne,
14 " " Cumarin,
25 " " Vanillin,

also weit über 100 Versuche angestellt.

Nelkenöl habe ich angewandt in Verdünnungen von 0·6—0·00001 auf 100 Na Cl Lösung auf 20° C.—50° C erwärmt. Von den 40 Versuchen mit Nelkenöl, kann ich ca. 35 als von Nebeneinflüssen unbeeinträchtigt und beweisend anführen. Die äusserste Verdünnung, bei der ich noch die Nelkenölflüssigkeit gerochen habe, ist 0·00001 ccm Nelkenöl in 100 ccm Na Cl (0·6°). Am günstigsten erwies sich eine Lösung von 0·05—0·1 : 100 bei ca. 40° C. Bei höherem Temperaturgehalt der Mischung hat sich die innige Verknüpfung der Geruchsempfindungen mit dem Gefühlssinne in sehr unangenehmer Weise bemerkbar gemacht. Meist trat dann der Schmerz mit der erfolgten Füllung der Nase ein, und machte sich in so heftiger Weise geltend, dass eine Geruchswahrnehmung völlig unmöglich wurde. Veit Graber[1] hat soeben die „Wirkung von Riechreizen auf die Haut" behandelt. Auf solche Wirkungen von Riechstoffen auf andere Sinnesorgane haben unter anderem E. H. Weber (a. a. O. S. 352), J. Müller (a. a. O. S. 266) hingewiesen. Ich habe bereits in meiner ersten Publication zur Physiologie des Geruches über die Einwirkung von Gerüchen auf die Trigeminusenden ein Beispiel angeführt. Inspirirt man nämlich die mit Citronenöl geschwängerte Luft ununterbrochen durch eine Nasenhöhle, während man durch den Mund exspirirt, so tritt nach 5″—15″ ein sich immer mehr steigernder, längs der Nasenscheidewand sich hinziehender intensiver Schmerz auf (bestätigt von Dr. J. Lewy).

Campher roch ich in einem Verhältniss von 0·1—0·004 : 100 Na Cl (0·6) und bei Temperaturen von 20°—62°. Schmerz trat auf bei 0·1 proc. Lösungen und bei Temperaturen über 46°. Die äusserste Grenze für die Wahrnehmung dieser Geruchsqualität scheint mir 0·002 : 100 zu sein.

[1] Veit Graber, *Biologisches Centralblatt*. 1. October 1885.

Eau de Cologne wird am besten empfunden bei einer Mischung von 0·8 –1·0:100 Thl. Kochsalzlösung. Die Minimalmenge für die Geruchsempfindung dürfte 0·1:100 sein.

Cumarin in 14 Fällen, in Mischungen von 0·04—0·00001:100 bei Temperaturen von 24—48° C untersucht, hat die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit eines überaus starken Nachgeruches; diese Nachempfindung ist noch intensiver als der Geruch während des Aspirirens der Cumarinsubstanz und er lässt sich nicht durch Riechen an anderen Körpern z. B. Campher verdrängen. Von den 14 Versuchen kann ich 10 als gelungene bezeichnen, während bei den anderen vier Versuchen die Geruchswahrnehmung durch Schmerz oder Prickeln in der Nase gestört wurde. Die untere Grenze der Geruchsempfindung für Cumarin liegt zwischen 0·00001 und 0·000001:100 Salzwasser.

Vanillin kann in einer Mischung von 0·05—0·1:100 Salzwasser bei ca. 40 Grad am besten wahrgenommen werden. Untersucht wurden noch Mischungen von 0·1 bis herab auf 0·001:100 Salzwasser; bei der letzterwähnten Concentration konnte ich keinen Geruch mehr wahrnehmen.

Das Gesammtresultat aller meiner angeführten Versuche ist ein solches, dass ich, abgesehen von denjenigen Fällen, in welchen der Schmerz als störender Factor auftrat und einigen Versuchen, bei denen ich ohne eine erklärliche Ursache nicht riechen konnte, mit aller Bestimmtheit sagen kann, ich habe weit über 100 Mal dauernd die in der Nase befindliche Flüssigkeit gerochen. Ueber andere Versuche, bei denen nach Injection der riechenden Flüssigkeit in die Nase Geruch hervortrat siehe S. 331 und 336.

Hiernach lassen sich die bisher besprochenen Ergebnisse der quantitativen Bestimmungen über Geruchswahrnehmung in die Nase infundirter Flüssigkeiten tabellarisch so zusammenfassen:

Riechende Substanz	Zahl der angestellten reinen Versuche.	Günstigste Temperaturen.	Günstigste Concentration der gerochenen Substanzen auf 100 ccm der 0·6 procentigen Kochsalzlösung.	Minimalgrenze der Geruchsempfindung. Concentration der gerochenen Substanzen auf 100 ccm der 0·6 procentigen Kochsalzlösung.
Nelkenöl . . .	30	40° C.	0·05—0·1	0·00001
Campher . . .	7	38	0·5—0·1	0·001
Eau de Cologne .	14	40—44	0·8—1·0	0·1
Cumarin . . .	10	44	0·5	0·00001—0·000001
Vanillin . . .	25	44	0·05—0·1	0·001

Capitel II.

Zur Bestimmung der Geruchsschärfe.

Schon im vorhergehenden Capitel habe ich die Grade der Verdünnung angegeben, in denen die in die Nase infundirten Substanzen eben noch eine Geruchsempfindung hervorbrachten. Die angewandten Stoffe waren: Campher, Nelkenöl, Eau de Cologne, Cumarin nnd Vanillin.

Die Grenzwerthe betrugen für:

Campher	0.01	ccm	auf	1 Liter	0·6%	Na Cl-Lösung
Nelkenöl	0·0001	„	„	„	„	„
Eau de Cologne	1·0	„	„	„	„	„
Cumarin . . . . 0·0001—0·00001		„	„	„	„	„
Vanillin	0·01	„	„	„	„	„

Hierzu kommt noch als später gefundener Grenzwerth für Brom 0·00009. Von diesen Stoffen findet sich in der gleichen Tabelle von Valentin,[1] der bekanntlich mit grosser Sorgfalt die Geruchsschärfen für einige Substanzen bestimmt hat, nur das Nelkenöl und das Brom.

Die Grenzwerthe für die Riechbarkeit des Nelkenöls fand ich mit Valentin genau übereinstimmend, obgleich ich auf diese Grenzbestimmungen keine besondere Sorgfalt verwandte, d. h. nicht darauf achtete frisches Oel zu nehmen und die einzelnen Bestimmungen nicht an einem Tage anstellte.

Nach den gemachten Angaben habe ich eine 0·00001 procentige Lösung von Nelkenöl gerochen, d. h. $^1/_{10000}$ mgr Nelkenöl auf 1 ccm (0·6%) Kochsalzlösung. Genau denselben Werth giebt auch Valentin an.

Valentin nimmt nun an, da 50ccm Luft durch die Nase streifen bis der Eindruck erfasst wird, so würde $^1/_{200}$ eines Milligrammes Nelkenöl hinreichend sein, den Eindruck hervorzubringen.

Nach E. H. Weber's[2] und meinen Messungen fasst die Nase etwa 15ccm Wasser. Eine Regio olfactoria des erwachsenen Mannes hat nach den Bestimmungen von W. Braune und Clasen[3] nur etwa $^1/_{10}$ des Inhaltes der Regio respiratoria; hiernach würden schon $^3/_{2000}$ mgr Nelkenöl zur Geruchsperception genügen.

Auch der Grenzwerth für Brom nähert sich dem von Valentin gemachten Angaben.

Eine 0·000009 procentige Bromlösung oder $^1/_{10000}$ mgrm auf 1ccm habe ich noch deutlich gerochen. Eine 0·0000003 procentige Brom-

[1] Valentin, a. a. O.

[2] E. H. Weber, a. a. O.

[3] W. Braune und F. E. Clasen in der *Zeitschrift für Anatomie und Entwickelungsgeschichte.* 1876. Bd. II. S. 23.

lösung oder 0·000000003^{ccm} Brom auf 1^{ccm} Na Cl-Lösung oder 0·000003^{mgr} Brom auf 1^{ccm} Flüssigkeit habe ich nicht mehr riechen können. Die Grenze liegt also zwischen den beiden Werthen $^1/_{10·000}$ und $^1/_{333·000}$ ^{mgrm}. Valentin schreibt, dass $^1/_{30·000}$ ^{mgrm} Brom auf 1^{ccm} Luft noch sehr stark nach Brom roch, so dass wir nach der oben ausgeführten Analogie annehmen können, dass noch $^1/_{30·000}$ ^{mgrm} Brom auf 1^{ccm} Na Cl-Lösung riechbar seien.

Es folgt jedenfalls aus diesen beiden Vergleichen, dass das gleiche Ziel auf zwei verschiedenen Wegen zu erreichen ist; man wird sich darum die Frage vorlegen müssen, welcher Weg der kürzere und bessere ist. Valentin selbst weist nun in der Darstellung seiner Versuchsmethode wiederholt darauf hin, mit welchen Schwierigkeiten er bei seinen Bestimmungen zu kämpfen hatte, und in der That ist seine Methode eine so umständliche, verwickelte und mühevolle und dabei, wenn man nicht gerade die allerstrengste Sorgsamkeit beobachtet, in ihren Resultaten unsichere, dass man sich nicht wundern darf, dass seit ihrer Publication im Jahre 1847 sich noch Niemand zu einer Wiederholung resp. Fortsetzung seiner Versuche angeregt gefühlt hat.

Nach der von mir oben (S. 327) angegebenen Methode kann man schnell und bequem die Grenzbestimmungen machen und eine Scala der Geruchsintensitäten der verschiedensten Riechstoffe bekommen.

Capitel III.

Die $^3/_4$ procentige Kochsalzlösung als indifferente Flüssigkeit.

Die 0·6 procentige Na Cl-Lösung, deren ich mich bei meinen ersten Untersuchungen über die Perception in die Nase injicirter riechender Flüssigkeiten als indifferente Flüssigkeit bediente, schien mir diese Eigenschaft nicht vollkommen zu besitzen, und zumal als ich zur Prüfung der Geruchsschärfe überging, machte sich das Bedürfniss nach einer absolut indifferenten Flüssigkeit besonders fühlbar. Bei sorgsamer Prüfung einer langen Reihe von reinen Kochsalzlösungen verschiedener Concentration fand ich den Procentgehalt einer wahrhaft indifferenten Lösung für die Nasenschleimhaut zwischen 0·7 und 0·75 liegen, so dass ich seitdem stets nur noch 0·73 procentige Lösung von reinem NaCl zu meinen Versuchen benutzte.

Auch bei Gelegenheit der Untersuchung über die Wirkung des elektrischen Reizes auf den N. olfactorius an fremden Personen gewann ich nach einstimmigem Urtheile die Gewissheit, dass die erwähnte Kochsalzlösung die Nasenschleimhaut vollkommen unerregt lasse.

In interessanter Uebereinstimmung hiermit ist eine Angabe von Runeberg,[1] dass in allen Transsudaten des menschlichen Körpers der Procentgehalt an Chloriden 0·62—0.73 beträgt.

Diese ¾ procentige Kochsalzlösung hat Hr. Dr. M. Marckwald zu hypodermatischen Injectionen anstatt destillirten Wassers, das heftiges Brennen erregt, mit Erfolg in die Praxis eingeführt. Hiernach ist die Voraussetzung des Hrn. Kronecker,[2] dass diese Kochsalzlösung auch zu lebenrettenden Infusionen beim Menschen die geeignetste sein dürfte, gerechtfertigt. Und in der That hat auch diese Voraussetzung von Kronecker, wie ich neulich bemerkt habe, insofern ihre Bestätigung in der Praxis erfahren, als Fubini[3] zu Inhalationen von defibrinirtem Blut eine Mischung von 20 Theilen defibrinirten Ochsenblutes und 80 Theilen einer wässerigen 0·75 procentigen Kochsalzlösung empfiehlt, weil in dieser Mischung sich die rothen Blutkörperchen eine Zeit lang unverändert erhalten.

Vergleichende Nasendurchspülungen mit der von Cantani zur Transfusion bei Cholerakranken empfohlenen Lösung von 4^{grm} NaCl und 3·0 kohlensaurem Natron auf 1 Liter Wasser und der von Samuel empfohlenen Lösung von 0·6 Procent NaCl und 0·1 Procent kohlensaurem Natron und schliesslich von 0·73 procentiger Kochsalzlösung lehrten, dass die Cantanische Lösung gänzlich zu verwerfen sei, weil sie stark reizend auf die Nasenschleimhaut wirkt, die von Samuel empfohlene Lösung dagegen sich nicht viel anders, als die gebräuchliche neutrale 0·6 procentige Kochsalzlösung verhielt. So war die 0·73 procentige Lösung als die beste erkannt und somit ein Ausgangspunkt für neue Untersuchungen gefunden.

Capitel IV.

Die osmoteretischen[4] Aequivalente einiger Salzlösungen.

Nachdem ich durch längeres Probiren herausgefunden hatte, dass eine 0.73 procentige Kochsalzlösung für die Nasenschleimhaut die Geeignetste sei, schlug mir Hr. Prof. Kronecker vor, die osmoteretischen Aequivalente einiger Salzlösungen zu untersuchen, d. h. zu bestimmen, wie viel Theile eines Salzes erforderlich sind, um eine verdünnte Kochsalzlösung zu einer

---

[1] Runeberg, Transsudationsprocesse im Organismus. *Deutsches Archiv für klinische Medicin.* Bd. XXXV. S. 279.

[2] H. Kronecker, Ueber Kochsalzwasser-Infusion. Vortrag gehalten im Verein für innere Medicin am 14. Juli 1884. *Deutsche medicinische Wochenschrift.* 1884. Nr. 32.

[3] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1885. Nr. 6.

[4] Osmoteretisch (τηρέω ich behüte) „geruchserhaltend" erscheint passender als osmodisch (riechend).

indifferenten Lösung zu ergänzen, d. h. zu einer solchen, welche durch die Nase geleitet das Geruchsvermögen ganz intact lässt. Es lag nahe, zuerst die Salze des Blutserums in dieser Hinsicht zu prüfen. Ich stellte die Versuche derart an, dass ich unteroptimale Kochsalzlösungen bereitete z. B. 0·6, 0·5, 0·4, 0·3 procentige und probirte, wie viel jenen von dem untersuchten Salze zuzugeben war, um eine indifferente Lösung zu erhalten. Um in der schematischen Untersuchung einfache Zahlenverhältnisse benutzen zu können, setzte ich jedes Mal zu der unteroptimalen Na Cl-Lösung so viel von den untersuchten Salzen zu, als die Differenz betrug zwischen der 0.73 procentigen Na Cl-Lösung und der gerade gewählten unteroptimalen Na Cl-Lösung. In der ersten Versuchsreihe mit $Na_2\ SO_4$ setzte ich

zu 100 der 0·6 proc. Na Cl-Lösung 0·13 grm $Na_2\ SO_4$ (d. h. die einfache Differenz zwischen 0·6 und 0·73)
„ „ „ 0·5 „ „ 0·23 „ „ (d. h. die einfache Differenz zwischen 0·5 und 0·73)
„ „ „ 0·4 „ „ 0·33 „ „ u. s. w.
„ „ „ 0·3 „ „ 0·43 „ „
„ „ destillirten Wassers 0·73 „ „

In der zweiten Reihe untersuchte ich Lösungen mit doppelstarkem Zusatz: 100 ccm der 0·6 procentigen Na Cl-Lösung und 2 × 0.13 des Salzes u. s. w. In der dritten Reihe setze ich die dreifachen Mengen schwefelsauren Natrons zu und fuhr so fort, bis ich sicher war, dass das Optimum überschritten war.

Aus solchen Untersuchungsreihen ergab sich folgende

Tabelle der osmoteretischen Aequivalente der Serumsalze und des Magnesiumsulfats:

100 ccm von Kochsalzlösungen verschiedener Concentrationen werden zu indifferenten Spülflüssigkeiten ergänzt durch folgende procentische Zusätze:

Zu Natriumchlorat:	Natrium-bicarbonat	Natriumsulphat	Natriumphosphat	Magnesium-sulfat
0·6	2×0·13=0·26	4×0·13=0·52	6×0·13=0·78	6×0·13=0·78
0·5	2×0·23=0·46	4×0·23=0·92	6×0·23=1·38	6×0·23=1·38
0·4	2×0·33=0·66	4×0·33=1·32	6×0·33=1·98	6×0·33=1·98
0·3	2×0·43=0·86	4×0·43=1·72	6×0·43=2·58	6×0·43=2·58
Aq. dest.	2×0·73=**1·46**	4×0·73=**2·92**	6×0·73=**4·38**	6×0·73=**4·38**

Diese Tabelle ergänzt sich noch durch folgende Beobachtungen:

1. Natriumphosphat.

Bei einem einfachen Zusatz von 0·43 grm dieses Salzes zu 100 ccm einer 0·3 procentigen Kochsalzlösung, was also zusammen ein Salzgehalt der

Flüssigkeit von 0·73 Procent wäre, war zwar anfangs der Geruch sehr deutlich, aber bei längerer Einwirkung etwa 1—2 Minuten trat lebhafter Schmerz in der Nase mit Thränenreiz auf und nach dem Auslaufen der Flüssigkeit blieb eine geringe Geruchsschwäche zurück. Noch ärger waren die Erscheinungen bei einer einfachen 0·73 procentigen Natriumphosphatlösung ohne jedem Zusatz von Chlornatrium. Ein je höheres Multiplum der bekannten Differenz ich aber anwandte, ein um so günstigeres Resultat erhielt ich, so dass ich bei einem Zusatz der sechsfachen Differenz, also auf 100 ccm einer

0.6 procentigen	Na Cl	6 × 0·13 = 0·78 grm
0·5 „	„	6 × 0·23 = 1·38 „
0·4 „	„	6 × 0·33 = 1·98 „
0·3 „	„	6 × 0·43 = 2·58 „

eine wirklich indifferente Lösung erhalten konnte. Wird nach dem oben genannten Schema als Zusatz zu 100 ccm destillirtem Wasser das 6 fache von 0·73 grm also etwa 4·4 grm Natriumphosphat genommen, so erhält man eine vollkommen indifferente Flüssigkeit einfacher Zusammensetzung, die der 0·73 procentigen Kochsalzlösung ohne Bedenken an die Seite gesetzt werden kann.

2. Das Natriumsulfat.

Das Aequivalent des $Na_2 SO_4$ wird schon bei einem Zusatz der 4 fachen Differenz erhalten. Gleicher Weise giebt das 4 fache von 0·73 etwa 2·5 – 2·9 grm $Na SO_4$ auf 100 ccm Aqua destillata eine indifferente Lösung die der 0·73 procentigen NaCl und 4·4 procentigen Natriumphosphatlösung kaum nachsteht.

3. Natrium bicarbonicum

braucht das geringste Aequivalent nämlich, nur das Doppelte. Auch dieses Salz gewährt an sich mit Aq. destill. in einem Procentgehalt von 1·5 (also 2×0·73) eine indifferente Flüssigkeit.

4. Basisches Calciumphosphat und Magnesiumphosphat,

die noch als Blutserumsalze in Frage kämen, zu untersuchen, unterliess ich desshalb, weil sie sich in Wasser nicht lösen lassen, und mir die Mitanwendung ihrer Lösungsmittel zu diesen Untersuchungen nicht gerathen schien.

5. Sämmtliche Blutserumsalze zusammen

habe ich in der von Hoppe-Seyler angegebenen Zusammensetzung untersucht und diese Flüssigkeit vollkommen indifferent gefunden.

6. Magnesiumsulfat.

Von anderen Salzen als den Blutserumsalzen habe ich nur noch das Magnesiumsulfat auf sein osmoteretisches Aequivalent geprüft und dieses in dem 6 fachen Multiplum der bekannten Differenzen (also 4·4 $^0/_0$) erhalten; doch muss ich bemerken, dass selbst bei den günstigsten Lösungen dieser Flüssigkeit nach dem Auslaufen ein leises Brennen im vordersten Theile der Nase, im Vestibulum, zurückbleibt.

Ueber die Ausführung dieser Bestimmungen ist noch zu sagen, dass ich durch genaue Beachtung und Intensitätsbestimmung der etwa eintretenden Affection durch die injicirte Flüssigkeit, des Geruches, des Nachgeruches und der Geruchsschwäche nach dem Auslaufen der Flüssigkeit, die Aequivalente zu bestimmen suchte. Die Intensität dieser Erscheinungen werden durch Zahlen ausgedrückt, wobei 1 eine sehr starke, 2 eine bedeutende, 3 ziemlich starke, 4 geringe, 5 sehr geringe, 6 unmerkliche Grade des Hautgefühls, der Geruchsschwäche, des Geruchs und des Nachgeruchs bedeutete.

Die Prüfung der zurückgebliebenen Geruchsschwäche nahm ich vor durch Riechen an mehreren an Intensität abgestuften Riechstoffen, von denen die stärksten Terpentin und Campher, die schwächsten eine sehr verdünnte Cumarin- und Schwefelsäurelösung waren. Von einem Versuche ging ich zu den anderen erst dann über, wenn der Eindruck des ersten Versuches vollständig aus der Nase verschwunden war, dieses dauerte aber leider oft genug recht lange und machte so die ohnehin nicht besonders angenehme Untersuchung noch zu einer ziemlich langwierigen.

Ich will noch bemerken, dass die genannten Salze keineswegs geruchlos sind, wie man gewöhnlich annimmt, weil sie keine riechenden Gase aussenden. Lösungen von Natriumphosphat, Natriumbicarbonat und Magnesiumsulfat erzeugen, in die Nase infundirt, eine sehr deutliche, merkwürdiger Weise untereinander wenig verschiedenartige Geruchsempfindung. Auch die Lösung der sämmtlichen Blutserumsalze nach dem bekannten Procentgehalt riecht absonderlich. Ob das Natriumsulfat riecht, konnte ich, trotzdem ich genau darauf merkte, nicht mit Bestimmtheit feststellen, zuweilen glaubte ich einen leisen Geruch wahrgenommen zu haben. Dass der Geruch der Kochsalzlösung nicht wahrgenommen wird, liegt meiner Meinung nach nur daran, dass der Olfactorius gegen diesen Geruch bereits abgestumpft ist, da die Nasenflüssigkeit, wie die anderer Körperflüssigkeiten, z. B. die Thränen, vornehmlich Kochsalz enthalten.

Die Ergebnisse der in diesem Capitel beschriebenen Versuche lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1) Die Geruchsfähigkeit der Nase wird intact erhalten, wenn man als Spülmittel 0·73 procentige Kochsalzlösung anwendet.

2) Diese Kochsalzlösung kann durch andere Salzlösungen vertreten werden.

3) Jede Salzlösung hat ihr eignes Optimum der Concentration. Wir wollen die Verhältnisse dieser Werthe „osmoteretische Aequivalente“ nennen.

4) Das Natriumchlorid — das hauptsächlichste Salz der thierischen Flüssigkeiten — hat das kleinste osmoteretische Aequivalent, das wir = 1 setzen wollen (entsprechend 0·73 procentige).

5) Die übrigen wesentlichen Salze des Blutserum haben folgende osmoteretischen Aequivalente: Natriumbicarbonat 2, Natriumsulfat 4, Natriumphosphat 6 und Magnesiumsulfat 6.

6) Mischungen dieser Salzlösungen ergänzen einander, nach Verhältniss ihrer osmoteretischen Aequivalente angewendet, zu indifferenten Spülflüssigkeiten.

7) Diese bisher für geruchlos gehaltenen Salzlösungen haben jede ihren eigenen, in verschiedenem Grade deutlichen Geruch.

Capitel V.

Beweise für die elektrische Geruchsempfindung.

Das Verfahren und die Gesetze, nach welchen auf Reizung des Nervus olfactorius mit Oeffnungen und Schliessungen galvanischer Ströme Geruch empfunden wird, habe ich bereits am 28. März 1884 der physiologischen Gesellschaft zu Berlin mitgetheilt und ausführlich in diesem Archiv Jahrgang 1884 S. 460 beschrieben. Meine Angaben konnte Hr. Dr. Sachs, der sich einem Versuche unterzogen hatte, insofern bestätigen, als auch er mit aller Bestimmtheit angab, einen intensiven und ganz besonders charakteristischen Geruch bei der elektrischen Reizung empfunden zu haben; nur erfolgte seine Geruchswahrnehmung nicht in so gesetzmässiger Folge, wie bei mir. Ich roch nämlich nur bei Schliessung der Kette, wenn die Kathode und nur bei Oeffnung der Kette, wenn die Anode sich in der Nase befand.

Eine volle Bestätigung aller von mir aufgestellten Gesetze hat erst vor Kurzem Hr. Dr. R. Werner aus Memel gegeben, und auf diese hier besonders hinzuweisen liegt mir umsomehr ob, als einerseits die bezüglichen Versuche von Werner in einer der Leipziger Facultät vorgelegten und nachträglich in nur wenigen Exemplaren gedruckten Dissertation niedergelegt sind und andererseits ich selbst Zeuge dieser Versuche gewesen bin.

Werner arbeitete unter Leitung des Hrn. Prof. Eulenburg über galvanische Reizbarkeit motorischer Nerven und Muskeln sowie der Sinnesnerven und wollte auch an sich galvanische Reizung des Olfactorius nach der von mir angegebenen Methode versuchen. An der elektrischen Geruchsprobe betheiligten sich Hr. Prof. Eulenburg selbst sowie zwei zufällig anwesende Stabsärzte. Eulenburg wie der eine Stabsarzt hat bei einem einmaligen etwa 1 bis 2 Minuten dauernden Versuche nichts gerochen. Der zweite Stabsarzt gab mit Bestimmtheit an, dass er bei dem einmaligen Versuche von der gleichen Zeitdauer bei der Herausnahme der Elektrode aus der Nase, während die Kette noch geschlossen war, einen deutlichen Geruch verspürt habe.

Werner hat in gleicher Weise wie Hr. Prof. Eulenburg und der eine Stabsarzt bei dem erstmaligen Versuche keinerlei Geruchswahrnehmung gehabt, als er aber gleich darauf den Versuch wiederholte, versicherte er nicht allein zeitweilig einen prägnanten Geruch zu empfinden, sondern gab auch die Momente, in welchen er den Geruch verspürte, genau nach den vor mir bestimmten Gesetzen an. Reizungserscheinungen von Trigeminus (Kribbeln und Stechen) durch die injicirte 0·73 procentige, auf Körpertemperatur erwärmte Na Cl-Lösung oder durch den galvanischen Strom will keiner von den genannten Herren bemerkt haben.

Schliesslich habe ich noch selbst in Gegenwart dieser Herren den Versuch wiederholt nnd die bekannten Resultate bestätigt.

Ueber die Qualität des Geruchs bemerke ich noch, dass die Hrn. Sachs und Werner mir zugaben, dass der elektrische Geruch eine gewisse Aehnlichkeit habe mit dem Geruch, welcher entsteht, wenn man ganz langsam und vorsichtig ein schwedisches Zündholz (enthält chlorsaures Bleioxyd, Braunsteinkohle, Schwefel, Schwefelkies, Grauspiessglanz, Umbra und Glaspulver) an der Seitenfläche (die mit einem Gemisch von Phosphor nebst Glaspulver, Schwefelkies, Braunstein etc. beklebt ist) des Kästchens reibt. Werner lässt sich in seiner Arbeit über die Reizung des Nervus olfactorius folgendermaassen aus:

„Den Untersuchungen des Seh- und Geschmacksnerven reihe ich noch eine Mittheilung über Reizung des N. olfactorius an, die um so mehr Interesse beansprucht, als sie bis jetzt nur in zwei Fällen zu positiven Resultaten geführt hat. Die Methode, die bei der galvanischen Reizung des Geruchs-

nerven erfolgreich in Anwendung gezogen wurde, ist erst neuerdings von Aronsohn beschrieben worden. Es wird die olivenförmige, im Innern mit einem Platindraht armirte differente Elektrode in die Nasenöffnung der einen Seite eingeführt, während die indifferente Elektrode zur Vermeidung von störenden Geschmacksempfindungen auf der Glabella ruht; indem nun unter gelindem Druck durch einen mit der olivenförmigen Elektrode verbundenen Gummischlauch 0·73 procentige auf Körpertemperatur erwärmte Kochsalzflüssigkeit in die Nasenhöhle einläuft, schliesst der zu Untersuchende auch das Nasenloch der anderen Seite. Ein besonderes Gewicht legt Aronsohn auf die Beschaffenheit der indifferenten Flüssigkeit und bei einem Gehalte von ca. 0·73 procentiger Na Cl geht die Untersuchung völlig schmerzlos und ohne üble Nebenempfindung vor sich, so dass sich eine nur auf Geruchswahrnehmung zu beziehende Empfindung von jeder anderen leicht trennen. lässt In drei Fällen liess sich eine deutliche von Geschmacksempfindung unabhängige Geruchswahrnehmung constatiren, dabei gaben die Untersuchten eine mit bekannten Gerüchen nicht vergleichbare Geruchsempfindung an. — In zwei der untersuchten Fälle ergab sich das wichtige Resultat, dass für den N. olfactorius und N. acusticus die Normalformel dieselbe ist; es wurde Geruch nur bei KS und AO empfunden und zwar bei KS stärker als bei AO. An mir selbst bedurfte KS zur Geruchsempfindung eine Stromstärke von 2·5 MA, AO 3·0 MA; Aronsohn selbst erhielt indessen nach längere Zeit fortgesetzten Versuchen bei KS schon bei 0·1 MA, bei AO bei 0·2 MA Geruchsempfindung."

Capitel VI.

Widerlegung des Bidder'schen Lehrsatzes,[1] dass duftende Stoffe vom Munde aufgenommen und dann durch die Choanen exspirirt eine „höchst unbedeutende" Geruchsempfindung hervorrufen.

Wie wenig noch die Physiologie des Geruchs gekannt wird, beweist nach meiner Meinung nichts drastischer, als dass noch in der neuesten Auflage des so verbreiteten Lehrbuchs der Physiologie von Landois in dem Capitel über Geruchsempfindungen gleich zu Anfang der Bidder'sche Satz besonders hervorgehoben wird. „Duftende Stoffe vom Munde aufgenommen und dann durch die Choanen exspirirt, werden nicht gerochen".[2]

Es sind freilich derselben Ansicht Galen, Haller[3] Ludwig[4] und A. Fick.[5] Letzterer giebt aber selbst zu, dass „vermöge eines noch nicht erforschten Mechanismus durch den Schlingact bei offener Nase von den

---

[1] Bidder, Artikel Riechen in Wagner's *Handbuch für Physiologie.* Bd. III.

[2] Landois *Lehrbuch der Physiologie.* IV. Aufl. S. 414.

[3] A. v. Haller, a. a. O. S. 503.

[4] C. Ludwig, *Lehrbuch der Physiologie.* 1858. Bd. I. S. 386. 389. 390.

[5] A. Fick, *Compendium der Physiologie.* S. 149.

in der Nasenhöhle befindlichen Gasen ein Theil in die Regio olfactoria gedrängt werden müsse." „Es ist nämlich," fährt derselbe Autor fort, „eine bekannte Thatsache, dass wir die von den Nahrungsmitteln ausgesandten riechbaren Ausdünstungen gerade beim Schlingen derselben am deutlichsten riechen. Hierauf beruht die schon erwähnte Verknüpfung von Geschmacks- und Geruchsempfindungen." An der hierauf bezüglichen Stelle schreibt Fick weiter: „Die bekannte ganz eigenthümliche fälschlich als Geschmack der Zwiebel bezeichnete Empfindung taucht erst auf, wenn man die Nase öffnet und so den von der Zwiebel entwickelten Gasen Durchtritt verstärkt. Ebenso ist es mit allen anderen sogenannten aromatischen Geschmäcken, sie sind lediglich Gerüche."

Aus dieser Darstellung folgt doch aber das Eine jedenfalls mit aller Sicherheit, dass duftende Stoffe vom Munde aus aufgenommen und dann durch die Choanen in die Nase tretend gerochen werden! Auch der Mechanismus, durch den die Riechstoffe beim Schlingact in die Nase treten, dürfte meiner Meinung nach nicht schwer zu analysiren sein. Vor dem Schlingen wird die riechende Masse durch die Zunge nach dem hintersten Theile des Cavum oris unmittelbar unter die Choanen geschafft. Das Schlingen erfolgt nach den Versuchen von Kronecker und Falk[1] so, dass durch die Zunge bei geschlossenem Munde die im Rachenraume befindlichen festen, flüssigen und gasförmigen Massen schnell (binnen weniger als $^1/_{10}$ Secunde) unter einem Drucke von mehr als 30 ^{cm} Wasser gesetzt werden, während gleichzeitig das Velum nach der Nasenhöhle heraufgeschleudert, activ und passiv gespannt wird. Ein Nasenmanometer zeigt den mit Schluckbeginn plötzlich erhöhten Druck daselbst an. Bald folgt mit rapider Senkung des Gaumensegels Luftverdünnung. Diese starken Luftbewegungen erklären hinreichend die Ventilation der Fissura ethmoidalis.

Es erzählt ferner Debrou[2] von sich selbst, dass er in einem Fall, wo er Orangeblüthenwasser trank und dann durch die Nase exspirirte, einen deutlichen Geruch wahrnahm und Longet[3] führt zwei Beobachtungen an Kranken an, die ihren stinkenden Mageninhalt vor dem Erbrechen rochen, wenn sie durch die Nase exspirirten. Perrault (nach dem Referate von Longet [a. a. O.]) und Poinsot sind der Ansicht gewesen, dass man während des Ausathmens zu riechen vermöge. Nach Valentin[5] ist die „Feinheit des Geruches vermindert", wenn die mit den riechenden Stoffen geschwängerte

---

[1] Kronecker und Falk, *dies Archiv.* 1880. S. 296.

[2] Citirt nach v. Vintschgau „Geruch" in Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. III. Th. 2. S. 248.

[3] Longet, *Traité de Physiologie.* 1869. t. III. p. 47—48.

[4] A. v. Haller. a. a. O. S. 503.

[5] Valentin, a. a. O. S. 288. § 4105.

Atmosphaere von den Choanen aus an der Schneider'schen Haut während der Ausathmung vorüberstreicht. E. Paulsen [1] giebt an, dass er eine höchst prägnante Geruchsempfindung bei der Exspiration durch die Nase gehabt habe, wenn er die Nase während des Einathmens der riechenden Dämpfe durch den Mund geschlossen hielt. Es erzählt ferner derselbe Autor, dass Urbantschitsch Personen kenne, welche deutlicher bei der Ausathmung als bei der Einathmung riechen könnten. Tourtual [2] meint, dass es leicht durch den Versuch zu erproben ist, wie schmeckbare Stoffe flüchtiger Natur im hinteren Theile der Mundhöhle eine bestimmte Geruchsempfindung erregen, welche von dem Aufsteigen ihrer flüchtigen Bestandtheile in die Nasenhöhle herrührt, und in Fällen, wo selbige mit dem Schmeckorgane nicht in unmittelbare Berührung treten, um so bestimmter unterschieden wird. Joh. Müller stellt in seinem Handbuche der Physiologie (S. 487) den positiven Satz auf: „Auch die strömende Bewegung der Luft nach aussen kann Geruch erregen, wenn es sich um den Geruch von Stoffen handelt, die sich in den Athemwerkzeugen und Verdauungswerkzeugen nach oben entwickeln wie bei der Eructation."

Es stehen sich also die Lehrsätze von Joh. Müller und von Bidder unvermittelt gegenüber.

Bidder führt seinen Satz bei seiner Ausführung über die Wichtigkeit der unteren Muschel für das Riechvermögen als eine bekannte Erfahrung an; er schreibt nämlich der unteren Muschel insbesondere die Aufgabe zu, den eindringenden Luftstrom zu zertheilen und dadurch eine gleichmässige Ausbreitung desselben über die ganze vom Olfactorius versorgte Partie der Nasenschleimhaut hervorzubringen. „Auf eine auffallende Weise", meint er, „kann man sich davon überzeugen, wenn man ein Stückchen Campher in den Mund nimmt, diesen schliesst und die Campherdünste nun durch die Nase ausathmet. Die dadurch hervorgerufene Geruchsempfindung wird höchst unbedeutend sein, obgleich die sensiblen Nerven der Nasenschleimhaut in gewöhnlicher Weise afficirt werden." Doch in derselben auffallenden Weise, wie Bidder beweisen will, dass riechende Stoffe vom Munde aus aufgenommen und dann durch die Choanen exspirirt nicht gerochen werden, kann ich beweisen, dass man sie auch so sehr gut riecht. Der durch die Choanen in die Nase eindringende Exspirationsstrom führt nämlich zufolge der Bidder'schen Versuchsanordnung gar keine bezw. sehr wenige Riechtheilchen mit sich. Wenn man nämlich, während der Riechstoff sich im Munde befindet, diesen geschlossen hält, durch die Nase in- und exspirirt, so wird der Luftstrom beide Male am Cavum oris vorbei direct in die Choanen

[1] E. Paulsen, *Sitzungsberichte der Wiener Akademie.* Math.-naturw. Classe. Bd. LXXXV. Abth. III. S. 371.

[2] Tourtual, A. a. O. S. 100.

und aus den Choanen in die Trachea und vice versa seinen Weg nehmen, die Luft in der Mundhöhle vor dem Velum wird so gar nicht in die Nasenhöhle gelangen, und somit werden auch in ihr etwa enthaltene Riechstoffe nicht dahin getragen werden.

Etwas ganz anderes ist es, wenn man den Versuch in folgender Weise anstellt. Man nehme z. B. eine oben offene Flasche mit Eau de Cologne und inspirire, während man die Flasche dem Munde nähert oder den Mund lose um den Hals der Flasche legt, recht tief, wobei es leicht gelingt zu verhindern, dass der mit riechenden Partikelchen gesättigte Luftstrom tief in die Trachea gelange. Sogleich nach erfolgtem Inspirium umschliesse man die Flasche mit den Lippen und treibe nun die eben eingeathmete noch in den oberen Theilen des Respirationstractus schwebende Luft durch die Nase heraus. Der Geruch, der hierbei entsteht, ist fast ebenso stark, als wenn man mit der vorderen Nasenöffnung gerochen hätte.

Es ist also der Satz richtig, dass auch die strömende Bewegung der Luft nach aussen Geruch erregen kann.

Hieraus folgt zweierlei:

1. Dass die Bedeutung der unteren Muschel für die Geruchsempfindung nicht in der Weise wichtig zu sein scheint, wie Bidder und Meyer annehmen zu müssen glauben.

2. Dass E. Paulsen's auf experimentellem Wege gefundener Satz: „Der Ausathmungsstrom nehme im Wesentlichen denselben Verlauf wie der Einathmungsstrom" auch physiologisch begründet ist.

Capitel VII.

Die Ermüdung und Erholung des Riechnerven.

Durch die tägliche Erfahrung wissen wir, dass der Olfactorius durch die dauernde Einwirkung eines Geruchs bald ermüdet; z. B. werden Aerzte am Sectionstisch, Apotheker, Kranke mit stinkenden Geschwüren, Arbeiter, welche Kloaken reinigen nach einiger Zeit gegen die üblen Gerüche weniger empfindlich, als es andere Menschen sind. Es ist aber noch nicht einmal annähernd festgestellt, nach wie langer Zeit die Ermüdung des Nerven durch stete Einwirkung eines Geruchs eintritt. Ich habe bereits in meiner ersten, vorläufigen Mittheilung zur Physiologie des Geruchs[1] einen Versuch angegeben, durch den man sich leicht überzeugen kann, dass die Abnahme der Geruchsschärfe für einen bestimmten Geruch in erstaunlich kurzer Zeit erfolgt. Wenn man nämlich zwei gleich stark riechende Blumen (zwei Rosen)

[1] *Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.* Jahrg. 1882/83. Nr. 19.

nimmt, zunächst etwa 15 Secunden an Rose *A* riecht und sogleich darauf an Rose *B*, so wird jedes Mal Rose *B* ganz bedeutend schwächer riechen als *A*.

Im Allgemeinen ist die Bestimmung der Geruchsdauer dadurch erschwert, dass die Geruchswahrnehmung meist mit der Erregung des Trigeminus verknüpft ist und letztere gewöhnlich überdauert. Auch bei denjenigen Riechstoffen, von welchen Froehlich[2] glaubt, dass sie den Trigeminus nicht reizen — weshalb er in eine besondere Classe einreiht —, ist eine Miterregung des Trigeminus nicht ausgeschlossen.

Die Geruchsdauer für Citronenöl und Pomeranzenöl, welche ich an neun Personen geprüft habe, beträgt:

	Durch beide Nasenhöhlen gleichzeitig gerochen	Nur rechts	Nur links
Als Maximum . . .	11 Min.	5 Min.	3 Min. 10 Sec.
Als Minimum . . .	2 Min. 30 Sec.	1 Min. 5 Sec.	30 Sec.
Als Durchschnittszahl	3 Min.	1—2 Min.	50—60 Sec.

Die Geruchsdauer für	Jodtinctur . . .	4 Min. . .		(A.)
„ „ „	Copaivbalsam .	4 „ . .		(A.)
„ „ „	„ .	3 „ . .		(L. C.)
„ „ „	Campher . . .	7 „ . .		(stud. jur. H.)
„ „ „	„ . . .	5 „ . .		(A.)
„ „ „	„ 0·75 Proc.	5 „ . .		(A.)
„ „ „	Ol. Juniperi . .	2 „ . .		(Dr. L.)
„ „ „	„ . . .	5 „ . .		(A.)
„ „ „	Ol. Terebinth. .	5 „ . .		(A.)
„ „ „	Schwefelammonium	5 „ . .		(stud. jur. H.)
„ „ „	„	4 „ . .		(stud. med. N.)
„ „ „	„	4 „ . .		(A.)
„ „ „	Eau de Cologne	9 „ . .		(A.)
„ „ „	„	12 „ . .		(Dr. L.)
„ „ „	„	10 „ . .		(A. L.)
„ „ „	„	11 „ . .		(J. L.)
„ „ „	„	7 „ . .		(L. C.)
„ „ „	„ } wässr. 1%	— „	50 Sec.	(Dr. L.)
„ „ „	„ } Lösung	1 „	5 „	(A.)
„ „ „	Cumarin wässrige 0·2% Lösung	1 „	45 „	(Dr. L.)
„ „ „	„	2 „	— „	(A.)
„ „ „	„	2 „	20 „	(H. G.)

Unter den aufgeführten Riechstoffen tritt die Vereinigung von Geruch und Gefühl am meisten bei Ol. Juniperi und Eau de Cologne in unverdünntem Zustande hervor; es ist darum die eigentliche Geruchsdauer für diese Stoffe nicht zu praecisiren.

[1] Froehlich, a. a. O.

Es lehren jedenfalls diese Versuche, dass der Geruchsnerv wie kein anderer Sinnesnerv durch die ununterbrochene Einwirkung eines adäquaten Reizes im Verlaufe von einigen Minuten abgestumpft ist.

Wie lange Zeit braucht der Geruchsnerv, um sich von der Ermüdung zu erholen?

Um mich über diese Frage zu orientiren, stellte ich an mir und anderen Personen folgende Versuche mit Riechstoffen in einer solchen Verdünnung an, dass sie die Trigeminusausbreitung gar nicht oder kaum merklich beeinflussten. Der Versuchsmodus war der, dass an den einzelnen Riechstoffen bis zu eintretender Ermüdung gerochen wurde, dann eine Pause von einer Minute oder drei Minuten gemacht und hierauf mit dem Turnus von Neuem begonnen wurde. Derart wurden folgende charakteristische Reihen gewonnen.

I. Versuch. (Aronsohn.) Eau de Cologne 1·0:100 wässrige Lösung. Dauer der Pausen 1 Minute. Normale Geruchsdauer 65 Secunden.

Geruchsdauer	nach	der	1.	Erholungspause	45	Secunden.
"	"	"	2.	"	35	"
"	"	"	3.	"	25	"
"	"	"	4.	"	20	"
"	"	"	5.	"	15	"
"	"	"	6.	"	15	"
"	"	"	7.	"	25	"
"	"	"	8.	"	22	"
"	"	"	9.	"	22	"
"	"	"	10.	"	25	"
"	"	"	11.	"	20	"
"	"	"	12.	"	22	"
"	"	"	13.	"	15	"
"	"	"	14.	"	15	"

II. Versuch. (Dr. Lewy.) Eau de Cologne 1·0:100 wässrige Lösung. Dauer der Pausen 1 Minute. Normale Geruchsdauer 50 Secunden.

Geruchsdauer	nach	der	1.	Erholungspause	40	Secunden.
"	"	"	2.	"	30	"
"	"	"	3.	"	25	"
"	"	"	4.	"	15	"
"	"	"	5.	"	5	"
"	"	"	6.	"	20	"
"	"	"	7.	"	10	"
"	"	"	8.	"	5	"

Geruchsdauer nach der 9. Erholungspause 7 Secunden.
" " " 10. " 2 "
" " " 11. " 3 "
" " " 12. " 1 "
" " " 13. " 3 "

III. Versuch. (H. Glandt.) Cumarin 0·2:100·0 wässrige Lösung. Dauer der Pausen 3 Minuten. Normale Geruchsdauer 140 Secunden.

Geruchsdauer nach der 1. Erholungspause 120 Secunden.
" " " 2. " 100 "
" " " 3. " 65 "
" " " 4. " 45 "
" " " 5. " 25 "
" " " 6. " 35 "
" " " 7. " 20 "
" " " 8. " 20 "
" " " 9. " 15 "
" " " 10. " 17 "
" " " 11. " 10 "
" " " 12. " 10 "
" " " 13. " 8 "
" " " 14. " 8 "

IV. Versuch. (Dr. Lewy). Versuchsbedingungen wie in Nr. III. Normale Geruchsdauer 105 Secunden.

Geruchsdauer nach der 1. Erholungspause 30 Secunden.
" " " 2. " 30 "
" " " 3. " 15 "
" " " 4. " 10 "
" " " 5. " 10 "
" " " 6. " 10 "
" " " 7. " 5 "
" " " 8. " 5 "
" " " 9. " 10 "
" " " 10. " 5 "

V. Versuch. (Aronsohn). Versuchsbedingungen wie in Nr. III. Normale Geruchsdauer 120 Secunden.

Geruchsdauer nach der 1. Erholungspause 60 Secunden.
" " " 2. " 70 "
" " " 3. " 25 "

Geruchsdauer nach der	4.	Erholungspause	55	Secunden.
„ „ „	5.	„	35	„
„ „ „	6.	„	20	„
„ „ „	7.	„	25	„
„ „ „	8.	„	15	„
„ „ „	9.	„	10	„
„ „ „	10.	„	10	„
„ „ „	11.	„	15	„
„ „ „	12.	„	15	„

Aus diesen Versuchsreihen will ich nur diejenigen Folgerungen ziehen, welche mir bei den nächstfolgenden Untersuchungen dienen sollen:

1. Der Geruchsnerv wird durch ununterbrochene Einwirkung eines adäquaten Reizes schon im Verlaufe von wenigen Minuten für einige Zeit völlig abgestumpft.

2. Völlig ermüdete Geruchsnerven brauchen mindestens eine Minute zur völligen Erholung.

3. Diese minimale Erholungszeit stellt die Empfindlichkeit ihrem Grade nach, aber nicht dauerhaft wieder her; die Riechperioden werden nach jeder neuen Ermüdung kürzer.

Capitel VIII.

Die specifische Energie verschiedener Geruchsnervenfasern.

Es liegt die Frage nahe, ob Qualitäten des Geruchs durch Erregung differenter Nervenelemente zu erklären seien, wie man nach der Young-Helmholtz'schen Theorie die specifischen Energien verschiedener Opticusfasern annimmt. Brücke[1] und Hermann[2] sprechen sich auch dahin aus, dass der Geruchsnerv sich in dieser Beziehung wie der N. opticus und N. acusticus verhalte; doch fehlte bisher für eine solche Annahme jeder Beweis.

Um diese Frage zu entscheiden, schlug ich das Verfahren ein, welches mir die Ergebnisse der vorhin dargestellten Versuche an die Hand gaben. Ich roch ohne Unterbrechung, indem ich durch die Nase inspirirte und durch den Mund exspirirte, einen Stoff bis zur völligen Ermüdung für diesen Geruch; unterhielt dann durch fortgesetztes Riechen an demselben Stoffe die Geruchsschwäche, damit die Ermüdung um so intensiver und die Erholung nach der Ermüdung um so langsamer würde, und vertauschte

---

[1] Brücke, *Vorlesungen über Physiologie.*

[2] Hermann, *Handbuch der Physiologie.* 4. Aufl. S. 415.

dann für einige Momente diesen Riechstoff *A* mit einem fremdartigen *B*, um zu prüfen, ob bei der bestehenden Geruchsschwäche für den Riechstoff *A*, ein anderer *B* trotzdem empfunden werden kann.

Als Beispiele meiner Versuche mögen hier einige an mir und an anderen Personen angestellte Versuche dienen:

I. Nachdem ich mir das linke Nasenloch mit Watte zugestopft hatte, setzte ich das geöffnete Fläschchen mit Jodtinctur an das rechte Nasenloch und roch, bis völlige Geruchsunfähigkeit für diese Qualität eingetreten war. Ich setzte hierauf von den unten angeführten Gerüchen bald einen bald den anderen an die Nase, nachdem ich für einige Secunden das Jodfläschchen von der Nase entfernt hatte und merkte auf das Vorhandensein und event. auf die Stärke des neuen Geruchs. Derart erhielt ich folgende Tabelle der Geruchsintensitäten:

I. Ungeschwächte Geruchsintensität.	II. Abgeschwächte Geruchsintensität.	III. Geruchlosigkeit.
Oleum Pini	Oleum Citri	Spiritus
„ Cajeputi	„ Salviae	Oleum Copaivae
„ Succini	„ Macidis	
„ Foeniculi	„ Terebinth.	
„ Rosmarini	„ Bergamottae	
„ Rutae	„ Caryophyllorum	
„ Lavandulae		
„ Petroselini		
Aether		

II. Bei völliger Geruchsunfähigkeit für Copaivbalsam konnte ich mit voller Intensität riechen: Oleum Carvi, Ol. Juniperi, Campher, Aether und Nelkenöl.

III. Bei völliger Geruchsunfähigkeit für Schwefelammonium fand ich:

I. Ungeschwächte Geruchsintensität für:	II. Abgeschwächte Geruchsintensität für:	III. Geruchlosigkeit für:
Cumarin	Oleum Juniperi	Schwefelwasserstoff *
Oleum Terebinth.	„ Pini	Chlorwasserstoff
„ Anisi	„ Lavandulae	(7 Tropfen auf 50 Aq. dest.)
Tinct. Pimpinelli	Podophyllini	Brom 0·1 proc.
Oleum Succini		
„ Citri		
„ Foeniculi		
„ Bergamottae		

* Auch in einer anderen Versuchsreihe konnte ich H_2S bei völliger Geruchsunfähigkeit für $(NH_4)_2S$ nicht riechen.

IV. Stud. med. N.: Bei völliger Geruchsunfähigkeit für Schwefelammonium:

I. Volle Geruchsschärfe für:	II. Geschwächte Geruchsschärfe für:	III. Unempfindlichkeit für:
Eau de Cologne	Oleum Juniperi	Schwefelwasserstoff
Citronenöl	„ Pini	Brom 0·1 proc.
	„ Lavandulae	(Campher)
	Podophyllini	
	Cumarin	
	Vanillin	
	Oleum Anisi	
	Tinct. Pimpinelli	
	Oleum Succini	
	„ Citri	
	„ Foeniculi	
	„ Bergamottae	
	Jodtinctur	

V. Bei einem Patienten, dem durch Lues die Nasenscheidewand zerstört war, zeigte sich bei völliger Geruchsunfähigkeit für Schwefelammonium:

I. Volle Geruchsschärfe für:	II. Geschwächte Geruchsschärfe für:	III. Unempfindlichkeit für:
Oleum Anisi	Oleum Terebinthinae	Schwefelwasserstoff
„ Succini	Eau de Cologne	
„ Foeniculi	Citronenöl	
„ Juniperi	Pommeranzenöl	
„ Pini		
Vanillin		

VI. Stud. jur. H. erkannte bei Geruchsunfähigkeit für Campher, sowie für Schwefelammonium alle ihm dann vorgesetzten, oben angeführten Riechstoffe.

VII. Bei völliger Geruchsunfähigkeit für Campher konnte ich vollkommen deutlich riechen: Eau de Cologne, Nelkenöl und Spirit. aether.

VIII. Bei völliger Geruchsunfähigkeit für Oleum Juniperi konnte ich nicht den Geruch von Oleum Carvi erkennen.

Hieraus ergiebt sich folgender Satz:

Verschiedene Geruchsqualitäten afficiren verschiedene Bezirke der Geruchsnerven derart, dass eine Classe von Riechstoffen einen Bezirk maximal erregt, einen zweiten Bezirk in niederem Grade, einen dritten gar nicht erregt.

Capitel IX.

Grundlage zu einer wissenschaftlichen Eintheilung der Gerüche in Classen.

Durch die vorhin mitgetheilten Versuche ist nicht allein nachgewiesen, dass die verschiedenen Geruchsnervenfasern auch verschiedene specifische Energien haben, sondern auch der Weg eröffnet, auf dem wir zu einer physiologisch begründeten Eintheilung der Gerüche in Classen kommen können. Denn wenn wir finden, dass bei bestehender Geruchsschwäche für eine Geruchsqualität eine andere auch nicht empfunden wird, so sind wir gezwungen, für beide Gerüche ein percipirendes Element in den Olfactoriusfasern anzunehmen und die beiden Geruchsarten als verwandt aufzufassen und in eine Classe zu bringen. So z. B. sehen wir in den S. 347 III angeführten Versuchen, dass bei bestehender Geruchsschwäche für Schwefelammonium auch nicht Schwefelwasserstoff, wahrscheinlich auch Brom und Chlorwasserstoff, in verdünnten Mischungen nicht empfunden werden. Wir werden darum alle diese Gerüche in eine Classe zu bringen haben. Ferner würde es sich, um eine bestimmte Grundlage für die Classification der Geruchsqualitäten zu haben, empfehlen, wie wir es in unserem Beispiele gethan haben, mit der Prüfung der uns aus der Chemie bekannten Gerüche zu beginnen, weil wir im gegebenen Falle gleich die Constitution der riechenden Substanz kennen. Freilich herrscht auch noch in der Chemie in den auf die Riechbarkeit der Körper bezüglichen Angaben einige Unklarheit. So soll Kohlenoxyd nach Gorup-Besanez nicht riechen, nach Gmelin-Krauts aber riechen; Schwefel soll nach Pinner „einen eigenthümlichen“ Geruch haben, nach Gmelin-Krauts „einen schwachen Geruch beim Reiben“, nach Lorscheid überhaupt keinen und Gorup-Besanez schweigt über diese fragliche Eigenschaft des Schwefels. Von sehr vielen Stoffen ist überhaupt in keinem Buche der Chemie zu finden, ob sie riechen oder nicht. Von manchen Stoffen, die riechbar sein sollen, kann ich dieses nicht sagen und von anderen wiederum, die nicht riechbar sein sollen, muss ich entschieden ihre Riechbarkeit betonen. Durchmustern wir zunächst alle Elemente bezüglich ihrer Einwirkungsfähigkeit auf das Geruchsorgan, so finden wir

— abgesehen vom Schwefel — nur vier, welche riechen sollen; es sind dies Chlor, Brom, Jod und Phosphor. Schönbein[1] hat schon 1847 nachgewiesen, dass der Geruch des Phosphors von Ozon und phosphoriger Säure herrühre, welche er an der Luft bildet, während der Phosphordampf selbst geruchlos ist In ähnlicher Weise wird man sich den Geruch von Chlor, Brom und Jod entstanden denken können, zumal wenn man sich vergegenwärtigt, wie gross die Affinität dieser Elemente zu H ist, und wie leicht sie auf dem Wege durch die Luft und den Nasenschleim zum Nerven zu diesen ihren Verwandten in Beziehung treten können. — Von einigen Metallen ist auch behauptet worden, dass sie riechbar seien — mit demselben Rechte, mit dem Cloquet in seiner Osphresiologie den Juden die besondere Fähigkeit zuschreibt, Gold und Silber riechen zu können. Einige Autoren[2] haben sich bereits die Mühe genommen, nachzuweisen, dass jene Metalle (z. B. Kupfer) an sich nicht riechbar seien, sondern nur in ihren Verbindungen mit anderen Körpern. Mir erscheint es daher schon jetzt erlaubt, den Satz aufzustellen: Alle Elemente sind geruchlos.

Schon vor 100 Jahren hat Lorry[3] sich in gleichem Sinne ausgesprochen. Er schreibt: „La première réflexion qui se présente à l'esprit est que les corps odorants ne peuvent être des éléments simples. En effet, nous voyons que les odeurs dans la nature sont partout le produit d'une multitude de combinaisons.“

Die Riechbarkeit der zusammengesetzten Körper hängt vornehmlich von zwei Bedingungen ab: 1. von der grösseren oder geringeren Löslichkeit des Körpers im Nasenschleim und 2. von der grösseren oder geringeren Möglichkeit an die geruchpercipirenden Elemente zu gelangen. Früher galt noch der Satz, dass „nur gasförmige Körper erregungsfähig sind“[4] und der Geruch durch Anfüllung der Nasenhöhle mit einer stark riechenden (flüchtigen) Flüssigkeit z. B. Eau de Cologne keine Geruchsempfindung verursacht. Diesen Satz meine ich im Cap. I widerlegt zu haben, und ich habe durch Anwendung des flüssigen Menstruums für viele Körper, die durch die Luft zum Geruchsorgan nicht gelangen können und darum für geruchlos gehalten werden, den Weg zum N. olfactorius gebahnt und von einigen ihre Riechbarkeit erkannt. Ueber den Geruch von Natriumphosphat, Natriumcarbonat und Magnesiumsulfat ist bereits S. 336 gehandelt.

Soda und rohe Potasche 1·0 auf 100 ccm 0·73 procentiger NaCl-

---

[1] Poggendorff's *Annalen.* 75, 377; J.-Bd. 1847 und 1848, 337 — citirt nach Gmelin-Krauts.

[2] Siehe Muncke, Artikel „Geruch“ in Gehler's *Physikalischem Wörterbuch.* 1828.

[3] M. Lorry. Observations sur les parties volatiles et odorantes etc. *Hist. et Mémoires de la Société royale de Médecine.* 1785. p. 306.

[4] Hermann's *Lehrbuch der Physiologie.* 1882. S. 414.

Lösung (diese Mischung ist nicht die optimale!) bei einer Temperatur von 41° C. in die Nase injicirt, geben einen sehr starken, unangenehmen und unter einander ähnlichen Geruch.

Natriumhydrat und Kaliumhydrat 0·05 bis 0·01 auf 100 ccm 0·73 procentiger NaCl-Lösung in die Nase injicirt, giebt einen sehr deutlichen brenzlichen Geruch, ohne jede schmerzhafte Sensationen (bei höherem Procentgehalt der Mischung tritt auch Schmerz auf).

Magnesiumsulfat und Kupfersulfat in hohen Verdünnungsgraden von indifferentem Lösungsmittel in die Nase injicirt geben gleichen charakteristischen unangenehmen Geruch.

Schwefelsäure und Phosphorsäure (zwei Tropfen auf 200 ccm indifferente Flüssigkeit) in gleicher Art auf den Olfactorius einwirkend, erzeugen einen — wenn man so sagen darf — säuerlichen Geruch. (Ueber gleichartige Auffassung von Geruch und Geschmack siehe S. 354).

Kali hypermanganicum in hell weinrother Lösung giebt einen sehr deutlichen, angenehmen Geruch mit lang anhaltendem Nachgeruch, während dessen kein anderer Geruch (selbst nicht der von H_2S) empfunden werden konnte und vom Ammoniak nur der stechende Eindruck merklich war.

Unzweifelhaft wird sich noch von einer grossen Anzahl anderer Stoffe nach dieser Methode nachweisen lassen, dass sie den Olfactorius zu erregen vermögen. Dann dürfte der Ausspruch Fourcroy's[1] zur Wahrheit werden: „Il n'y a point de corps qui ne soit plus ou moins odorant, (pourvu qu'il arrive à notre organe olfactif en dissolution dans l'air“). Wenn auch die Zahl der Gerüche schon jetzt eine ungemein grosse ist, so wird uns dieser Zuwachs schon deswegen willkommen sein, weil wir dadurch unserem schon früher (S. 349) angedeuteten Ziele, die Gerüche der complicirtesten Körper auf ähnliche Gerüche wohl bekannter chemischer Körper zurückzuführen, näher kommen können. Wir gewinnen nämlich so für die Eintheilung der Gerüche in Classen nicht allein den Vortheil, dass wir für die Körper, die eine gleiche specifische Energie im Olfactorius erregen, auch einen Repraesentanten in einem der uns aus der Chemie bekannten Körper finden, sondern gelangen unter gewissen Voraussetzungen auch zu einer Nomenclatur der Geruchsqualitäten,[2] die uns bisher fast gänzlich mangelte.

---

[1] Fourcroy, Mémoire sur l'esprit recteur etc. *Ann. de chim.* 1798. t. XXVI. p. 232.

[2] Sehr treffend äussert sich Buchner in einer Anmerkung zu Prof. Zenneck's Artikel über Geruch in „Buchner's *Repertorium der Pharmacie*, 1831“ über die vorliegende Frage mit folgenden Worten:

„Eine Vergleichung und Classification der Gerüche nach einer einmal festgesetzten Nomenclatur ist eine Sache von Wichtigkeit und verdient weiter bearbeitet zu werden. Haller, Hermbstädt, Schrader, Schreger, Pfaff, Linné und einige Andere

Capitel X.
Vereinzelte bemerkenswerthe Beobachtungen zur Physiologie des Geruchs.

1. Beziehungen zwischen Geruch und Geschmack.

Die Auffassung der Geruchsqualität einzelner Körper ist sehr ähnlich ihrem Geschmackseindruck, z. B. hat der elektrische Geruch Aehnlichkeit mit dem elektrischen Geschmack; ebenso ist der Geruch von Schwefelsäure und von Chloroform ähnlich dem Geschmack dieser Stoffe. (Vom Weine ist diese Eigenschaft schon lange bekannt). Nach Landois erzeugt das Chloroform überhaupt keinen Geruch.

Ueberzeugen kann man sich ob ein Stoff riecht oder schmeckt in folgender Weise: 1. Man füllt die Nase mit indifferenter Flüssigkeit vermittelst der Nasendouche, wodurch die Choanen von der Mundhöhle abgeschlossen werden, während man den fraglichen Körper schmeckt; 2. man thut kleine Mengen des Körpers in indifferente Flüssigkeit und injicirt in die Nase; diese ist so von der Mundhöhle abgeschlossen, und die reine Geruchsauffassung möglich. So untersucht erregt Chloroform eine reine Geruchsempfindung.

(Fröhlich 1851) haben bereits über verschiedene Theile der Geruchsgegenstände Zusammenstellungen ähnlicher Gerüche gemacht." „Specifische Ausdrücke für specifische Eigenschaften sind auf diesem Felde sehr selten oder fehlen ganz und die Bestimmnngen werden hier meistens von den Namen der Körper bei denen dieser oder jener Geruch vorkommt, entlehnt. Man muss also, wenn man hier weiter kommen will, entweder neue Benennungen für gewisse Gerüche schaffen oder sich über die Wahl der Gegenstände, deren Namen zur Bezeichnung gewisser Geruchsverhältnisse dienen soll, verständigen. Als specifische Ausdrücke werden gewöhnlich angesehen die Benennungen wohlriechend, gewürzhaft, reizend, übelriechend, narcotisch, sauersüss, dumpf, brandig, mucös, styptisch, nauseös, balsamisch, aromatisch u. s. w. (— faulig, putride, mulstrig, brenzlich —); allein mehrere davon, als z. B. wohl oder übel riechend scheinen mir, insofern sie sich entweder auf die Gefühle von Lust und Unlust oder auf das Geschmacksvermögen beziehen, nicht richtig zu sein. Ueberhaupt sind die meisten Geruchsnamen entlehnt von 1) Wirkungen der Stoffe auf andere Sinne, als z. B. süss, sauer, bitter (vom Geschmack) oder stechend, milde. flüchtig u. s. w. (vom Gefühlssinn) — 2) Wirkungen auf das Empfindungsvermögen für Lust und Unlust als angenehm, wohlriechend u. s. w. — 3) Wirkungen auf gewisse Organe als erstickend, Husten erregend (vom Athmungsorgan) Thränen erregend, Augen reizend (Gesichtsorgan) und ekelhaft (vom Verdauungsorgan)."

Linné's Eintheilung der Gerüche (in seinen *Amoenitates academicae.* 1756. t. III. p. 183) nach gemischten Gesichtspunkten besteht aus folgenden 7 Classen: 1) Odores aromatici, 2) Odores fragrantes, 3) Odores ambrosiaci, 4) Odores olliacei, 5) Odores hircini, 6) Odores aetri, 7. Odores nausei.

Longet (a. a. O. S. 39) bemerkt danach: „On a prétendu classer les odeurs de bien d'autres manières; mais à quoi bon même les rappeler, quand il est clairement établi que, dans l'état actuel de la science, les éléments d'une classification rationnelle nous échappent?"

2. Mischgerüche.

Beim gleichzeitigen Riechen an zwei verschiedenen Körpern soll nach Valentin[1] kein Mischgeruch entstehen, sondern gleichsam ein Wettstreit zwischen den Gerüchen stattfinden. Dieser Satz muss sicherlich eine Einschränkung erhalten; denn es ist nicht einzusehen, warum nicht ähnliche Gerüche einen Mischgeruch geben sollen. Das Experiment lehrt, dass folgende Körper einen Mischgeruch geben, wenn sie gleichzeitig gerochen werden:

Oleum Juniperi und Oleum Carvi,
Eau de Cologne (selbst schon ein complicirtes Gemisch) und Pomeranzenöl,
Eau de Cologne und Citronenöl (stud. jur. H.),
Jodtinctur und Ol. Pimpinelli,
Oleum de Bergamo und Pomeranzenöl (ein sehr angenehmer Mischgeruch).

Dagegen herrschte beim gleichzeitigen Riechen an:

Campher und Zwiebel,
Campher und Ol. Juniperi,
Campher und Eau de Cologne,
Campher und Petroleum

der Geruch von Zwiebel, Ol. Juniperi, Eau de Cologne und Petroleum vor, und erst nach einer Weile traten die einzelnen Mischgerüche hervor. Der sogenannte Wettstreit der Gerüche findet aber statt beim gleichzeitigen Riechen an Campher und Citronenöl. Riecht man an mehreren Substanzen gleichzeitig, so erhält man immer einen Mischgeruch und es stellt sich sehr schnell die Ermüdung für diese Gerüche ein.

3. Localisation des Geruchs.

Die folgende Beobachtung ist mir auch von anderer Seite bestätigt worden:

Wenn man riechende Dämpfe durch den Mund inspirirt und durch die Nase exspirirt (siehe S. 341), so glaubt man den Geruch nicht in der Nase, sondern vor der Nase zu haben.

4. Riechen und Schlucken.

Während man riechende Dämpfe durch die Nase inspirirt, kann man nicht schlucken und umgekehrt.

Die Begründung dieses Erfahrungssatzes liegt in den auf S. 340 über den Mechanismus des Schluckens gemachten Ausführungen. — Hält man aber die Nase mit einer riechenden Flüssigkeit in der in Cap. I beschrieben Art gefüllt, so ist das Schlucken und die Geruchsauffassung unbehindert.

5. Subjectiver Geruch:

Mit einem Patienten aus der B. Fränkel'schen Poliklinik (Eisenbahnbeamten), der durch Lues fast die ganze Nasenscheidewand und die untere Muschel verloren hatte, stellte ich eine Untersuchung auf seine Geruchsfähigkeit an und liess ihn an einem Vormittage die verschiedensten Sub-

[1] Valentin, a. a. O.

stanzen durcheinander riechen. Am anderen Tage erzählte mir Patient, dass er seit dem vorigen Tage stets einen Terpentingeruch verspüre, obgleich er in der Nase einen Carbolwattebausch trug. Bis dahin will er nie subjective Gerüche gehabt haben; er will auch um diese in Frage kommende Zeit kein Terpentin in seiner Nase oder an sich gehabt haben. Auch erzählte mir eine Patientin in der B. Fränkel'schen Poliklinik mit acutem Katarrh der Nase, die seit sechs Jahren keine Geruchsempfindung hatte und deren Geschmack sehr geschwächt ist (Chokolade und Aepfel wurden nicht erkannt), dass sie zeitweise einen brenzligen Geruch verspüre, der durch nichts motivirt und durch nichts wegzubringen sei. In der Litteratur wird berichtet von subjectivem Geruch Geisteskranker und hysterischer Personen; ausserdem hat Lockemann[1] einen Fall beschrieben, bei dem intra vitam zeitweise innerhalb eines Jahres eigenthümliche Geruchsanomalien ohne objective Veranlassung auftraten; bei der Section fand sich der Tractus olfactorius durch ein Carcinom zerstört. Johannes Müller theilt in seinem Handbuche (II, S. 489) mit, dass Dubois einen Menschen gekannt habe, der nach einem Falle vom Pferde mehrere Jahre bis zu seinem Tode einen Gestank zu riechen glaubte.

6. Nachgeruch.

Dass wirkliche Nachempfindungen im Geruchssinn vorhanden sein können, habe ich bereits gelegentlich meiner Publication über elektrische Geruchsempfindung mitgetheilt. Ich konnte noch viele Tage nach der stattgehabten elektrischen Reizung des N. olfactorius die elektrische Geruchsempfindung wieder hervorrufen: wenn ich jedes Mal durch die Nase inspirirte oder beim Einleiten indifferenter Flüssigkeiten in die Nase. — Als Ergänzung zu dieser Beobachtung habe ich noch anzuführen, dass ich nach dem Auslaufen der injicirten Cumarinflüssigkeit, Eau de Cologne, Nelkenöl zuweilen einen recht intensiven Nachgeruch verspürt habe, zweimal selbst mehrere Stunden nach dem Versuche. — Wiewohl der Verdacht nicht ausgeschlossen bleibt, dass riechende Flüssigkeit in der Nase zurückgeblieben war, und diese den Nachgeruch bewirkt habe, so bin ich doch geneigt, in Erwägung aller Nebenmomente und durch Vergleich dieser Fälle mit den so zahlreichen, bei denen trotz desselben Verfahrens kein Nachgeruch verspürt werden konnte, anzunehmen, dass es sich bei oben genannten Gerüchen, zumal beim Cumarin, um eine reine Nachempfindung gehandelt hat, ohne dass sich der Riechstoff in der Nasenschleimhaut befand.

Von den Autoren, welche sich über das wirkliche Vorkommen von reinen Nachgerüchen geäussert haben, ist Joh. Müller[2] wohl allein der Ansicht gewesen, dass sie „schwerlich fehlen“ dürften.

[1] Lockmann, Zur Casuistik der Geruchsanomalien. *Zeitschrift für rationelle Medicin.* (3) 1861. Bd. XII.

[2] Joh. Müller, a. a. O.

7. Geruchswahrnehmung im Traume.

Die Frage, ob man im Schlafe von Gerüchen träumen könnte, wirft Joh. Müller in seinem Lehrbuch auf; bis dahin und wie ich glaube bis jetzt ist noch kein solcher Fall bekannt geworden. Brillat-Savarin sagt in seiner Physiologie du goût (II, S. 17): Il est très rare que les sensations qu'on éprouve en dormant se rapportent au goût et à l'odorat. Ich sehe mich darum veranlasst, einen neuerlichen Traum meines Collegen J. Sachs hier wieder zu erzählen.

S. träumte, er befände sich in meinem Zimmer; plötzlich dringe ein so starker und prägnanter Camphergeruch an ihn heran, dass er umzufallen drohe, und ich dies bemerkend, ihm zur Hülfe eile; in diesem Augenblicke sei er erwacht. — Hr. Sachs will keinen Campher in seinem Zimmer besitzen und überhaupt seit Jahren nichts mit Campher zu thun gehabt haben. Ich selbst muss bemerken, dass ich meine Versuche mit Campher schon vor $1^1/_2$ Jahren angestellt, mit Hrn. Sachs niemals über die Frage gesprochen habe, ob im Traume Geruchswahrnehmungen vorkommen können.

8. Einwirkung der Gerüche auf die Athmung.

Im Anschluss an die unter Luchsinger's Leitung von Gourewitsch gefundenen Resultate, denen zu Folge Gerüche „Verlangsamung der Athmung oder Stillstand in der Exspiration ergeben", stellte ich auch einige Versuche über den Einfluss verschiedener riechender Körper auf die Athmung der Frösche an, die zumal in der heutigen Zeit, wo das Studium den von der Nase ausgehenden „Reflexneurosen" so „modern" geworden ist, trotz ihrer Winzigkeit Beachtung finden dürften.

Versuch 1. Ein Frosch wird in ein grosses Becherglas gesetzt, über dessen freie Oeffnung ein an der unteren Fläche mit Eau de Cologne benetzter Glasdeckel so gelegt wird, dass nur ein schmaler Spalt in der Oeffnung übrig bleibt.

Vor	Application	des	Riechkörpers	Respirationsfrequenz	80—90,
Nach	„	„	„	„	56—60,
„	„	„	„	„	36—40.

Versuch 2a. Terpentin. Versuchsanordnung wie bei Versuch 1.

Vor	der	Application	des	Riechstoffes	. . . . .	96 Respirationen
Nach	„	„	„	„	nach 5 Min.	66 „
„	„	„	„	„	„ 9 „	56 „
„	„	„	„	„	„ 15 „	hat die Athmung vollständig aufgehört.

[1] Gourewitsch, Wirkung des Olfactorius auf die Athmung. *Dissertation.* Bern 1883.

b) Versuchsanordnung wie in 1, nur wird der Glasdeckel nicht mit Terpentin bestrichen, sondern ein mit Terpentin angefeuchteter Papierbausch in das Becherglas gesteckt.

Vor der Application des Riechstoffes		130 Respirationen
Nach " " " "	nach 16 Min.	82 "
" " " " "	" 26 "	60 "
" " " " "	" 28 "	ist die Athmung kaum zu sehen.

Der Frosch liegt platt auf dem Boden.

c) Versuchsanordnung wie in 2 a.

Vor der Application des Riechstoffes		120 Respirationen
Nach " " " "	nach 14 Min.	108 "
" " " " "	" 24 "	60 "
" " " " "	" 26 "	56 "
" " " " "	" 29 "	24 "
" " " " "	" 39 "	10 "

d) Einem Frosch werden die beiden Vorderfüsse mit Terpentin bestrichen.

Vor der Application des Riechstoffes		108 Respirationen
Nach " " " "	nach 10 Min.	30 "

e) Ein Frosch, der, trotzdem er 15 Stunden dem Geruch von Kamillenthee ausgesetzt war, doch nur eine verhältnissmässig geringe Verkleinerung seiner Respiration zeigte, wurde in Eau-de-Cologne-Dämpfe gebracht.

Vor der Application des Riechstoffes		68 Respirationen
Nach " " " "	nach 10 Min.	48 "

Versuch 3. Oleum Juniperi. Versuchsanordnung wie bei 1.

Vor der Application des Riechstoffes		90—100 Respirationen
Nach " " " "	nach 4 Min.	Athmung unregelmässig,
" " " " "	" 25 "	12 Respirationen.

Wie bei Anwendung von Eau de Cologne, Terpentin und Ol. Juniperi, wurde eine Verlangsamung der Athmung noch constatirt bei Application von Campher, Spiritus und Citronenöl. Ich kann daher die von Gourewitsch gefundene Thatsache voll und ganz bestätigen.

9) Bewegung riechender Körper auf der Oberfläche einer dünnen Wasserschicht.

Um die Geruchserregung zu erklären, macht Liégois[1] in einer grösseren Abhandlung auf die eigenthümlich rotirenden Bewegungen aufmerksam, welche, wie zuerst Prévost gezeigt hat, viele riechende Körper zeigen, wenn sie in kleinen Mengen oder Stücken auf eine dünne Wasser-

---

[1] Liégois, *Archives de physiologie normale et pathol.* 1868. t. I.

schicht geworfen werden. Er hat die Bewegungserscheinungen von 200 Körpern untersucht, und auch ich habe an einer grossen Zahl von Substanzen, ausser denen, die Liégois schon geprüft hat, (z. B. noch an Phenol, Chlorhydrat, Zimmet, Brom, pulverisirter Vanillenwurzel, Curare, Isländischem Moos, Safran u. s. w.) dieselben Erscheinungen beobachten können.

Um auf Grund dieser Beobachtungen eine Theorie für die Art der Olfactoriuserregung durch Riechstoffe aufbauen zu können, standen Liégois noch folgende Schwierigkeiten entgegen: 1. Schwefel, Pottasche, Soda und Schwefelsäure bewegen sich, riechen aber nicht; 2. Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff riechen und bewegen sich nicht; 3. „müssten die Bewegungen der riechenden Körper in der Luft beobachtet werden, da ja (nach Weber) nur auf dem Luftwege Geruch zugeführt wird.“

Ad 1. habe ich zu bemerken, dass, wie ich bereits oben (S. 350) gesagt habe, Pottasche, Soda und Schwefelsäure wohl riechen, wenn sie mit einer indifferenten Flüssigkeit der Nase zugeführt werden; ob Schwefel riecht oder nicht, darüber sind die Chemiker nicht einig (s. S. 349).

Ad 2. ist vielleicht die von Liégois selbst gemachte Beobachtung, dass diese Riechstoffe, wenn sie auf Wasser kommen, sofort zu Boden fallen und am Boden sich verbreiten, genügend charakteristisch für diese Geruchsqualität.

Sein Hauptbedenken in Nr. 3 ist durch meine im ersten Capitel beschriebenen Versuche widerlegt. Trotzdem alle jene Hindernisse, die Liégois noch vorfand, aus dem Wege geräumt sind, wird man doch nicht eher die Behauptung aufstellen dürfen, dass die Riechstoffe einen mechanischen Moleculareinfluss durch Erregung von Wellen — wie die Tonwellen in der Schnecke — auf die Riechhärchen ausüben, als bis direct durch mikroskopische Beobachtung dieser Einfluss constatirt ist. In dieser Beziehung ist noch von Wichtigkeit, dass es vor zwei Jahren Waldeyer[1] geglückt ist, mit Sicherheit nachzuweisen, dass auch beim Menschen an den meisten Stellen der Olfactoriusausbreitung Flimmerepithel vorhanden ist. Hr. Geheimrath Waldeyer hatte auch die Güte, mir die betreffenden mikroskopischen Praeparate zu zeigen.

Meinem hochverehrten Lehrer, Hrn. Professor E. du Bois-Reymond, dem Director des physiologischen Instituts, in welchem ich zwei Jahre zu arbeiten die Ehre hatte, erlaube ich mir, für die mir hierzu gütigst ertheilte Erlaubniss meinen herzlichen Dank ergebenst auszusprechen.

[1] Waldeyer, Ueber die Riechschleimhaut des Menschen. Vortrag auf der achten Wanderversammlung der südwestdeutschen Neurologen und Irrenärzte im Juni 1883. Referat in der *Deutschen Medicinal-Zeitung*. 1884. Nr. 27.

Ergebnisse der Vergleichungen an den elektrischen Organen der Torpedineen.

Von

Prof. Gustav Fritsch.[1]

Nachdem die Zahl der auf die Organentwickelung untersuchten Torpedineen verschiedener Gattungen und Arten die Hundert erreicht hat, und damit ein vorläufiger Abschluss der Vergleichungen gewonnen wurde, sollen im Folgenden die Hauptergebnisse derselben dargelegt werden.

1. Die correlative Entwickelung der elektrischen Organe ist in den nach anderen Merkmalen abgegrenzten Gattungen der Torpedineen genügend verschieden, um die Aufnahme dieses Merkmals in die Diagnose wichtig erscheinen zu lassen.

Torpedo zeigt keulenförmige Organe, deren vorderer Theil etwa um die Hälfte breiter ist als der hintere (*a* in der Figur).

Narcine hat ohrenförmige Organe mit wenig abgesetztem vorderen Theil, der den hinteren etwa um ein Drittel an Breite übertrifft (*b*).

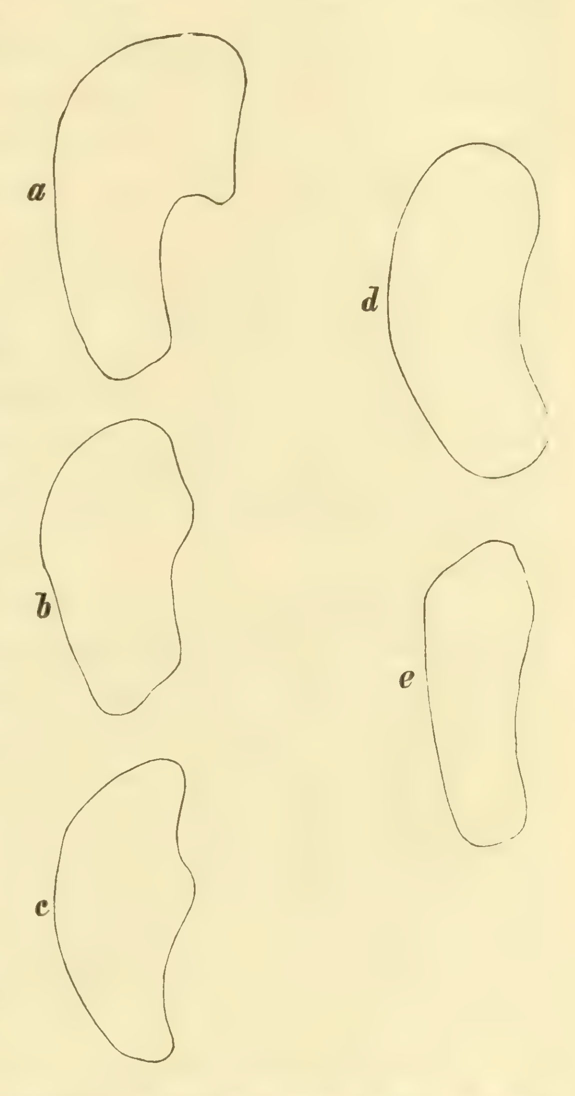
Hypnops ist mit halbmondförmigen Organen ausgestattet, d. h. sie sind nach vorn in eine stumpfe Spitze verlängert, die concave Begrenzung der Halbmondfigur ist etwas vor der Mitte durch einen mässigen Vorsprung unterbrochen (*c*).

Astrape allein hat die den Torpedineen gewöhnlich allgemein zugesprochenen nierenförmigen Organe; ihr vorderer Theil ist kaum breiter als der hintere, der Umriss ist gerundet mit der Concavität nach innen (*d*).

[1] Aus dem *Sitzungsbericht der kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften* vom 24. April (ausgegeben am 1. Mai) 1884. Hlbbd. I. S. 445—456.

Temera zeigt die am dürftigsten entwickelten Organe, welche durch die ziemlich gestreckt verlaufenden seitlichen Begrenzungen fast bandförmig werden (*e*).

Wie ein Blick auf die nebenstehenden Skizzen lehrt, sind die gewählten Vergleichungen der Organgestalt mit ähnlich gestalteten Körpern *cum grano salis* zu verstehen, um die Hauptunterschiede, welche der Ausdruck „nierenförmig“ allein nicht bieten kann, präcis zu bezeichnen. Die beschriebene Gestalt der Organe entspricht der Figuration an der Bauchseite des Thieres, welche als Regel auch die grösste Fläche des Organes darbietet; nur bei Astrape ist die Rückenfläche etwas grösser als die Bauchfläche. Die Figuration der Organe an der Rückenfläche ist bei den einzelnen Gattungen weniger unterschieden.



2. Wie die allgemeine Gestalt differirt auch die Zahl und Anordnung der elektrischen Säulen bei den einzelnen Gattungen und Arten der Torpedineen, so dass sich bestimmte Durchschnittswerthe dafür aufstellen lassen. Die Breite der individuellen Variation ist bei den meisten Arten sehr beträchtlich, wesshalb die Werthe erst bei einer längeren Reihe von Zählungen grössere Genauigkeit beanspruchen können. Wo daher ein reichlicheres Material zur Zeit nicht zur Verfügung steht, ist anzunehmen, dass die gefundenen Zahlen späteren Verbesserungen unterliegen; doch wird der Platz in der Reihe für die Arten dadurch wahrscheinlich nicht weiter verändert werden.

Die Variation der Säulenzahl übersteigt öfters ein Viertel der ganzen Durchschnittssumme.

3. Wie bereits in der letzten Mittheilung zur Embryologie von Torpedo[1] betont wurde, ergiebt die Zählnng von Säulen bei Embryonen, kleinen

[1] *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften.* 1883. S. 205; — *dies Archiv*, 1884. S. 70.

und grossen Individuen derselben Art keinen Anhalt für eine Vermehrung der Säulen beim Wachsthum des Thieres, nachdem einmal die Organe beim Embryo in ihrer typischen Gestalt endgültig gebildet wurden.

Beim Zählen an Fötus werden natürlich leichter Säulen übersehen als an erwachsenen Fischen, doch hat das Hinzuziehen solcher Zählungen in meiner Tabelle die Durchschnittswerthe nirgends wesentlich beeinflusst. Es wurden bisher von mir Fötus folgender Arten untersucht: Torpedo marmorata, Torpedo ocellata, Narcine brasiliensis und Astrape dipterygia.

4. Exemplare von gewissen Torpedo-Arten, z. B. Torpedo marmorata, deren Grösse über das gewöhnliche Maass dieser Thiere hinausgeht, pflegen auch in der Säulenzahl häufig das Gewöhnliche zu übertreffen. Da aber auch kleine gelegentlich mit ganz hohen Zahlen getroffen werden, ist anzunehmen, dass ihre hohe Säulenzahl der aussergewöhnlichen Entwickelung ihrer ganzen Körperanlage und Muskelausbildung conform ist, und werden sie jedenfalls schon in der Jugend die gleiche Säulenzahl besessen haben. Dies ist mit Sicherheit zu behaupten, bis am heranwachsenden extrauterinen Thiere Säulen *in statu nascenti* nachgewiesen wurden.

5. Die allgemeine Anordnung der Säulen im Organ zeigt überall ein Mosaik aus polygonalen, durch die zusammenstossenden, prismatischen Säulen gebildeten Feldern, welche bei keiner Art auf Regelmässigkeit Anspruch erheben können. Wenn auch eine sechsseitige Begrenzung Regel ist, so werden Fünfecke und verschobene Vierecke ebenfalls häufig beobachtet. Je geringer die Zahl der Säulenprismen ist, um so grösser pflegt die Unregelmässigkeit ihrer Seiten zu sein, so dass also Astrape sich dadurch besonders auszeichnet im Unterschied von T. hebetans, californica, occidentalis, wo sechsseitige Prismen viel häufiger auftreten. Auch T. ocellata zeigt vielfach bemerkenswerth regelmässige Anordnung des Säulenmosaiks.

Die Durchmesser der Säulen differiren nach ihrer Stellung im Organ, indem diejenigen des äusseren Umfanges die dünnsten und zugleich niedrigsten, die am inneren Rande und bei Torpedo zumal an der nach innen vorspringenden Ecke die dicksten und zugleich höchsten zu sein pflegen. Auffallend ist bei der Gattung Narcine, am stärksten bei N. brasiliensis, dass die äussere Reihe am hinteren Umfang des Organs Prismen zeigt, deren transversaler Durchmesser den sagittalen oft um das Doppelte überwiegt, so dass also die Prismen von vorn nach hinten zusammengepresst erscheinen.

Ueber die concentrische und radiäre Anordnung der Säulen wurde bereits in den Beiträgen zur Entwickelung von Torpedo das Nöthige angeführt.

6. Was die Durchschnittszahlen für die Organsäulen der Torpedineen anlangt, so sind hier gegenüber dem Misstrauen, welches von mancher Seite gegen dieselben auszustreuen versucht wurde, einige Worte zur Erläuterung der Methode des Zählens vorauszuschicken. Ich habe in letzter Zeit stets die Säulenmittelpunkte auf einer dünnen Glastafel, die dem Organ oder der davon abgetrennten Haut unter Ausschluss von Luftblasen dicht anlag, mit Dinte markirt und gleichzeitig gezählt; die so entstandene punktirte Figur des Organs wurde zur Controle mit Copirpapier abgedrückt. In schwierigen Fällen, bei dünnen Säulen, dient eine mittelstarke Stativlupe gleichzeitig zur Vergrösserung und als Diopter. Bei irgendwie durch parallaktische Verschiebung der Sehaxe entstandenen unrichtigen Auftragungen laufen die Punktreihen auf der Glasplatte unvermeidlich in einander oder entfernen sich ungebührlich, den begangenen Fehler kennzeichnend. Die beliebig oft zu wiederholenden Controlzählungen ergeben eine Grösse des wahrscheinlichen Fehlers beim Zählen, der im Vergleich zur individuellen Variation der verschiedenen Exemplare gar nicht in Betracht kommt. Ich zählte beispielsweise bei Torpedo hebetans dasselbe Organ nach dieser Methode einmal zu 1024, das andere Mal zu 1025 Säulen; nicht selten ergab bei niedrigeren Zahlen die Controle genau die gleiche Summe. Die individuelle Variation ist so gross, dass wahrscheinlich alle Autoren, z. B. auch Hr. Weyl, genügend genau gezählt haben; wenigstens ergeben die veröffentlichten Zahlen keinen ausreichenden Anhalt, das Gegentheil anzunehmen. Nur die Verwerthung der gefundenen Zahlen lässt sich bemängeln.

Wenn Hunter seiner Zeit an der Riesentorpedo 1182 Säulen zählte, während sich der Durchschnitt der Säulenzahl bei Torpedo occidentalis auf nur 1069 stellt, so ist damit nicht gesagt, dass Hunter falsch gezählt hat; denn eine derartige Abweichung der Summe liegt im Bereich der Variation. Ganz sicher ist aber, dass er keine ungewöhnlich grosse Torpedo marmorata vor sich gehabt hat, da bei letzterer Art solche Zahlen eben nicht mehr vorkommen; mit gleicher Sicherheit lässt sich behaupten, dass bei Hunter's Torpedo die Ränder der Spritzlöcher glatt gewesen sein werden.

Seitdem die vergleichenden Torpedo-Tabellen von mir ausführlicher angelegt wurden (1882), habe ich die Säulenzahl des Organumfanges stets besonders gezählt, um dadurch zugleich die allgemeine Figur des Organs sicher zu umgrenzen. Es ergiebt sich gerade für dieses Verhältniss eine bemerkenswerthe Constanz, und zwar findet sich eigenthümlicher Weise bei Torpedo marmorata dafür so häufig genau oder annähernd genau die Zahl 100, dass man dieselbe als die normale bezeichnen darf. Wenn

Hr. Babuchin[1] für solche Säulensumme einer von ihm nicht bezeichneten Torpedoart die Zahlen 84, 88, 84 vermerkt, so hat er diese Zählungen unzweifelhaft nicht an T. marmorata, sondern an T. ocellata vorgenommen, wo dies in der That häufige Zahlen sind.

Sonderbar ist es zu sehen, dass das dekadische System in dieser Frage eine so hervorragende Rolle spielt; denn während man ohne nennenswerthen Fehler die Säulenzahl eines Organs von T. occidentalis und hebetans auf 1000 setzen kann, von T. californica auf 900, von T. marmorata var. annulata auf 600, stellt sich bei der gewöhnlichen T. marmorata die Zahl auf 500 bei 100 Randsäulen, bei Astrape die Gesammtsumme auf 150, die der Randsäulen auf 50.

In der That sind die aus der beifolgenden Tabelle erhaltenen Durchschnittszahlen nicht so abgerundet, doch ist, abgesehen von der muthmaasslichen Fehlergrösse des Zählens, die keinesfalls fünf Procent übersteigen dürfte, die Annäherung an die genannten Werthe doch recht auffällig.

Die folgende Zusammenstellung giebt eine Uebersicht der bisher gewonnenen Durchschnittswerthe in absteigender Reihe geordnet, und bei jeder Rubrik wurde die Zahl der untersuchten Individuen durch eine römische, die Menge der Zählungen (ohne die Controlzählungen) durch eine arabische Ziffer bemerkt. Wenn man Bauch- und Rückenseite beiderseits zählt, so liefert dasselbe Individuum also vier Zählungen. Die Hundert Individuen wurden zu 160 Zählungen verwandt, deren Gesammtsumme an elektrischen Säulen 70365 ergab.[2] Die Durchschnittswerthe der Säulen in einem Organ stellten sich für die einzelnen Arten:

Torpedo	occidentalis	1069	(4. III.)
„	hebetans	1025	(1. I.)
„	californica	895	(2. II.)
„	fuscomaculata	593	(2. II.)
„	marmorata (mit den Variet.)	513	(70. XL.)
„	marm. var. annulata	610	(3. II.)
„	marm. var. limbata	523	(13. VII.)
„	marmorata (ohne die Variet.)	507	(54. XXXI.)
„	panthera	454	(12. IX.)
„	panthera + sinus persici	448	(15. XII.)

[1] Ueber die Praeformation der elektrischen Elemente im Organ der Zitterfische und den von Hrn. Weyl dawider gerichteten Angriff. *Dies Archiv*, 1882. S. 419.

[2] Die Controlzählungen eingerechnet wurden gegen 100000 Säulen gezählt. Bei drei Nummern der Tabelle ist die Rubrik „Säulenzahl“ nicht mehr ausfüllbar; eine Säulenzählung (ohne Nummer) wurde eingeschaltet.

Hypnops	subnigrum	436	(2. I.)
Torpedo	ocellata	433	(27. XX.)
Narcine	brasiliensis	428	(6. III.)
Torpedo	sinus persici	421	(3. III.)
Narcine	tasmaniensis	278	(3. II.)
„	lingula	274	(2. I.)
„	Timlei	224	(2. II.) ?
„	indica	146	(5. II.) ?
„	Timlei + indica	168	(7. IV.)
Astrape	capensis	147	(3. II.)
„	dipterygia	146	(8. IV.)
Temera	Hardwicki	139	(1. I.)
			160 XCVIII.

7. Trotz der nicht unbeträchtlichen Mühe und dem Zeitaufwand für die Zählungen, und der ersichtlichen Annäherung an correcte Durchschnittszahlen für manche Arten, z. B. T. marmorata, ocellata und panthera, besteht an anderen Stellen dagegen noch eine erhebliche Unsicherheit der Werthe wegen zu kurzer Reihe bei grosser individueller Variation.

Bei einer Gattung erscheint mir die Beseitigung dieses Mangels dringend geboten: es sind nämlich die von Hrn. Henle als Narcine indica und Timlei getrennten Formen nach den angegebenen Merkmalen nicht wohl als Arten aus einander zu halten. Die leider nur an vier Individuen auszuführende Säulenzählung ergiebt entweder Werthe von mehr als 200 (bis 230) oder sehr constant 140—150. Hier zeigt sich somit die Möglichkeit, falls ausgedehntere Reihen ebenso bedeutende Abweichungen der Säulenzahl ergeben, durch dies Merkmal die Sonderung der schwierig zu trennenden Species zu unterstützen, oder andernfalls die Unmöglichkeit ihrer Trennung überzeugend darzuthun.

Auffallend ist auch die hohe Säulenzahl, welche Narcine brasiliensis aufweist, nämlich 428, während die übrigen hierher gehörigen Arten nur etwa 214 derselben führen. N. brasiliensis verhält sich also zu den übrigen (N. tasmaniensis, lingula, indica, Timlei) wie Torpedo occidentalis mit ihren Verwandten (T. hebetans, californica) zu Torpedo marmorata, fuscomaculata, ocellata, panthera, sinus persici. So markiren sich weitere Eintheilungen der bezeichneten Gattungen, welche ein strenger Systematiker gewiss berechtigt ist als Subgenera zu trennen. Einfache oder doppelte Säulenzahl ist anatomisch wohl ebenso wichtig, als die einfache oder doppelte Rückenflosse, welche ganz allgemein als Gattungscharakter gilt.

8. In der That stimmen die genannten Formenkreise unter sich auch sonst in manchen Charakteren mehr oder weniger überein, bei Torpedo be-

sonders durch die Hautzipfel an den Spritzlöchern, die Gestalt der Scheibe des Körpers, die geringere oder stärkere Verbreiterung der vordereu Organhälfte u. s. w.; bei Narcine ebenfalls durch die Figur der Scheibe, die weniger deutlich entwickelte circuläre Mundfalte, den flachen mittleren Ausschnitt der Nasenklappe, die starken Höcker am Rande der Spritzlöcher der N. brasiliensis, was die anderen Narcinen nicht in gleicher Weise zeigen.

Die Hauptzipfel der Spritzlöcher haben in der Systematik ein wechselvolles Schicksal erlebt; denn während v. Olfers[1] noch positiv erklärte, alle Torpedineen hätten gefranzte Spritzlöcher, und es hinge nur von zufälligen Contractionszuständen ab, wenn die Ränder glatt erschienen, wird von späteren Autoren meist ein grosses Gewicht für die Unterscheidung der Arten auf die Bildung der Spritzlöcher gelegt.

Es unterliegt in der That keinem Zweifel, dass die Anhänge bei den einzelnen Individuen in ihrer Entwickelung sehr variabel sind und bald lang, bald kurz, hier regelmässig, dort unregelmässig erscheinen. Nirgends unter den Hunderten von Torpedineen, die ich unter den Händen gehabt habe, kam indessen ein wirklich glatter Rand der Spritzlöcher zur Beobachtung, wo sonst Hautzipfel auftreten. So behält auch die Torpedo ocellata im erwachsenen Zustande die Reste der jugendlichen Individuen zukommenden Filamente in Gestalt niedriger, kegelförmiger Erhebungen des Randes; ich kann mich daher Hrn. Günther, der das Fehlen der Filamente hier in die Diagnose der Art aufnimmt, in diesem Punkte nicht anschliessen. Dass Torpedo ocellata im jüngeren Alter eine Anzahl spitzer Zacken um die Spritzlöcher erkennen lässt, wurde bereits durch v. Olfers und J. Müller-Henle richtig angegeben; dagegen wurden die letztgenannten Autoren bereits zweifelhaft, ob es berechtigt sei, das Erscheinen solcher Anhänge an den Spritzlöchern in die Diagnose der Gattung Torpedo aufzunehmen, und versahen diese Angabe mit einem Fragezeichen.

Dies Fragezeichen, welches sich in gleicher Beziehung noch etwas später bei Torpedo nobiliana wieder eingefügt findet, war nur zu sehr begründet. Denn während also der augenfleckige Zitterrochen seinen nächsten Verwandten auch durch die Ausbildung der Filamente an den Spritzlöchern treu bleibt, zeigt die andere Gruppe von Arten mit den hohen Säulenzahlen wirklich glatte Ränder, und man erkennt dadurch, dass dies Merkmal thatsächlich für eine natürliche Eintheilung der Formen von entscheidendem Werth ist.

Ich möchte danach die letzterwähnte Gruppe (T. occidentalis,

---

[1] *Die Gattung Torpedo in ihren naturhistorischen und antiquarischen Beziehungen.* Berlin 1831. 4. S. 8—9.

hebetans, californica) als Untergattung Gymnotorpedo denjenigen mit gefranzten Spritzlöchern (T. marmorata, ocellata, panthera u. s. w.) als Fimbriotorpedo gegenüberstellen.

Hat die mythische *Torpedo nobiliana* Bon. wirklich ebenfalls, wie angegeben, glatte Ränder der Spritzlöcher, so gehört sie in die Nähe oder direct zu T. hebetans; sind sie auch nur andeutungsweise gefranzt, so rangirt sie mit den Varietäten von T. marmorata. Ich bin fest überzeugt, dass im ersteren Falle ihre Säulenmenge um die Zahl 1000 schwanken, im letzteren 500 bis 600 betragen wird. Die Fortsetzung meiner Untersuchungen, besonders die Vergleichung mit T. californica bestimmt mich immer mehr, das Erstere für das Wahrscheinlichere zu halten und der auch von Hrn. Günther getheilten Ansicht zuzuneigen, dass die seltene T. hebetans des atlantischen Oceans bei ihrem vereinzelten Vorkommen im mittelländischen Meere als T. nobiliana von Bonaparte beschrieben wurde.

9. Dieselben Betrachtungen ergeben gleichzeitig, dass es richtig war, die Torpedineen, welche neben gefranzten Spritzlöchern auffallend hohe Säulenzahlen zeigten, beim Mangel anderweitiger trennender Merkmale lediglich als Varietäten der Torpedo marmorata und nicht als besondere Arten dem System einzuordnen. Dem Charakter solcher Varietäten entsprechend sind Uebergänge und Mischformen unter einander, sowie mit der typischen Form zahlreich vorhanden.

Sowohl v. Olfers als später J. Müller-Henle haben bereits eine Anzahl Varietäten der Torpedo marmorata unterschieden, wobei die Färbung und Zeichnung allein maassgebend war, und sind solche Varietäten gelegentlich von den Autoren als besondere Arten beschrieben worden. Gerade dies Thier giebt ein glänzendes Beispiel dafür ab, dass Färbung und Zeichnung zur Artbestimmung ausserordentlich schlecht zu brauchen ist; denn es handelt sich bei allen, von den genannten Autoren abgegrenzten Varietäten um dasselbe chromatische Princip, nämlich stärkere oder schwächere Ausbildung eines bräunlichen Pigmentes, welches die Neigung hat, sich stellenweise anzuhäufen, während andere Stellen davon freier bleiben. An dem einen Ende der Reihe steht daher eine Varietät mit hell- oder dunkelbrauner, einfarbiger Scheibe (T. immaculata Raf.; T. Galvanii Risso; Var. 4 J. Müller-Henle), an welche sich diejenige anreiht, wo das Auftreten von feinen, braunen Pünktchen auf der helleren Scheibe die beginnende ungleichmässige Pigmentablagerung kennzeichnet (Var. 3 J. Müller-Henle); die Pünktchen werden grösser und erscheinen als dunklere Tupfen (Var. 2 J. Müller-Henle) oder die pigmentfreier werdenden Stellen erscheinen als weissliche Flecke auf einfarbigem Grunde, eine seltenere von mir in Smyrna ebenfalls beobachtete Varietät, auf welche schon der Prinz von

Musignano[1] aufmerksam machte. Endlich mischen sich dunkelbraune, stark pigmentirte Stellen mit schwächer pigmentirten weisslichen auf dem mittelfarbigen Grunde, die häufigste Form der typischen Torpedo marmorata darstellend (Var. 1 J. Müller-Henle).

Wie gewöhnlich ist das Vorkommen der verschiedenen Varietäten localen Einflüssen unterworfen. So erhielt ich in Alexandrien etwa ein Dutzend Exemplare, welche sämmtlich der Varietät 3 und 4 (T. immaculata Raf.) angehörten. Sie zeichnen sich auch durch einen hellen Saum um sämmtliche Flossen und um die lang gefranzten Spritzlöcher aus, weshalb sie in der beifolgenden Tabelle als Var. limbata vermerkt wurden. Die Säulenzahlen waren hier sämmtlich über dem Durchschnitt.

Das eigenthümliche Zusammentreffen auffallender Säulenzahlen mit äusseren Merkmalen tritt noch mehr bei einer anderen Varietät der Torpedo marmorata hervor, welche ich als Var. annulata bezeichnet habe. Dieselbe lässt sich keiner der von den Autoren bereits beschriebenen unterordnen, da ihre charakteristische, in einzelnen auf Scheibe und Schwanz vertheilten, dunkelbraunen Ringflecken bestehende Zeichnung sich mit dem oben erläuterten einfachen chromatischen Princip absolut nicht vereinigen lässt. Hier kommt also ein neues Unterscheiduugsmerkmal hinzu, dessen Abstammung erst noch festzustellen ist und interessante Einblicke in die Lehre von der Variation überhaupt bieten dürfte. Dass es sich hierbei nicht lediglich um Aeusserlichkeiten handelt, ergiebt die überraschend hohe Säulenzahl der Varietät (über 600), wie ich bereits früher Gelegenheit hatte anzugeben.

Diese frühere Notiz hat wohl die erfreuliche Folge gehabt, dass mir aus Marburg durch Vermittelung von Prof. Peters eine kleine, unscheinbare Torpedinee von Setubal (Portugal) zuging, welche sehr interessant ist. Auf der stark abgeriebenen Scheibe mit gefranzten Spritzlöchern sind allerdings nur noch Spuren von Ringflecken zu sehen, aber die auffallend breite, vorn quer abgestumpfte Gestalt der einfarbigen Scheibe und die Säulenzahl von 614 giebt Veranlassung, dass Exemplar ebenfalls bei der Var. annulata unterzubringen. Ich benutze diese Gelegenheit, um dem unbekannten Einsender (Hrn. Prof. Greeff?) hierdurch für seine Güte meinen besten Dank auszusprechen und die Bitte anzuschliessen, dass dem bezeichneten wichtigen Material doch auch von anderer Seite nachgeforscht werde.

Hr. Babuchin hat meine Angabe bestätigt, dass die Varietät von T. marmorata mit dunklen Fleckenreihen auf dem axialen und Schwanztheil, die er aber nicht als Ringflecken beschreibt, die grössten Säulenzahlen ergiebt.[2]

---

[1] Fauna italica. Fasc. 14. Fig. 4.

[2] A. a. O. S. 244.

10. Torpedo ocellata variirt bekanntlich auch sehr stark, zumal hinsichtlich der Zahl und Stellung ihrer Augenflecken, die von 7 bis 0 vorkommen, aber abgesehen von vereinzelten Monstrositäten (vgl. von Olfers) stets symmetrische Anordnung zeigen, so dass ein einzeln übrig bleibender Augenfleck eine centrale Stellung erhält. Aehnlich wie bei T. marmorata schwindet gelegentlich das sonst gleichmässig vertheilte bräunliche Pigment an einzelnen Stellen, besonders auf dem Axen- und Schwanztheil weissliche, verwaschene Flecke erzeugend. Eine Beziehung der verschiedenen Varietäten zu besonderen Säulenzahlen wurde bisher nicht festgestellt.

11. Die Trennung der Torpedo panthera von der T. marmorata, welche von Olfers noch zweifelhaft erschien und erst von J. Müller und Henle in das rechte Licht gestellt wurde, ist durch die abweichende Bezahnung der Kiefer gegeben. Form und Verhältnisse des Körpers, die von den genannten Autoren als der T. marmorata ganz gleich gefunden wurden, erscheinen mir unter Vergleichung einer grösseren Anzahl von Exemplaren doch abweichend durch den verhältnissmässig kürzeren Schwanz und die regelmässig gerundete Scheibe, an welcher die vordere Abstumpfung der T. marmorata schwach angedeutet ist.

Die prächtige Zeichnung typischer Exemplare mit den marmorirten weissen Figuren, die in unregelmässigen Kreisen auf gelbem Grunde gruppirt sind, geht auch hier zuweilen in eine einfachere Färbung über, wo auf der matt caffeebraunen Scheibe verwaschene, weisse Flecke von der Grösse eines Centimeters und darüber vertheilt sind.

12. So praesentirt sich die als T. sinus persici Rüpp. abgetrennte Form, wie es scheint, der Regel nach; auch hier bleibt ein einziges Merkmal, um die Selbständigkeit der Art zu behaupten, die Zahnbildung, übrig, welche sich hinsichtlich der Grösse und der in beiden Kiefern gleich langen Binde der Zähne näher an diejenige der T. marmorata anschliessen soll, während bei T. panthera die kleineren Zähne im Unterkiefer eine etwas verkürzte Binde darstellen.

Bei den mir zur Verfügung stehenden Exemplaren erschien dies letztere Merkmal nicht so deutlich ausgeprägt, als ich nach den Angaben der Autoren erwartete; es kommt hinzu, dass die durchschnittliche Säulenzahl derjenige von T. panthera ganz nahe steht, Besatz der Spritzlöcher, Färbung und Zeichnung keine brauchbaren Unterscheidungen liefern. Ich möchte mich daher nicht anheischig machen, die beiden Formen mit Sicherheit zu unterscheiden und habe daher in der obigen Tabelle auch eine Durchschnittszahl für beide vereinigte Formen eingefügt, wie es ebenso für Narcine Timlei und N. indica geschehen ist.

13. In der ausführlichen Torpedo-Tabelle finden sich auch Angaben über die Dicke der elektrischen Organe, da wo die Säulen am

höchsten und da, wo sie am niedrigsten sind, gemessen. So wichtig diese Zahlen in Bezug auf die Constatirung der Wachsthumsgesetze bei Torpedo auch scheinen mochten, so ergab sich doch das Messen der Dicke an den weichen, lappigen Organen so schwierig, dass eine hinreichende Genauigkeit dieser verhältnissmässig geringen Maasse kaum zu erhoffen war. Da Hrn. Babuchin's[1] bisher noch nicht durch veröffentlichte Beobachtungen unterstützte Behauptung, die Organe der Torpedineen wüchsen beträchtlicher in die Fläche als in die Dicke, neuerdings die Aufmerksamkeit auf diesen Punkt lenkte, so habe ich die Tabelle nach Möglichkeit durch Messungen an conservirtem Material vervollständigt und die gefundenen Werthe der grössten Dicke der Organe als Procente der Länge des Körpers (Längen-Dicken Index) berechnet. Es ergiebt sich aus dieser ebenfalls beifolgenden Zusammenstellung wie vorauszusehen eine grosse Unsicherheit der gefundenen Zahlen, offenbar unter dem Einfluss erheblicher Messungsfehler; anderseits ist das wiederholte Auftreten annähernd gleicher Zahlen (bei T. ocellata durchschnittlich 6·601, bei T. marmorata 6·866) das sichere Anzeichen dass dies die normalen Verhältnisse sind. Die genannten normalen Werthe vertheilen sich ziemlich gleichmässig in der Reihe nach der Grösse geordneter Exemplare; ausserdem aber lässt sich erkennen, dass die über dem Durchschnitt liegenden Zahlen sich mehr gegen das obere Ende der Reihe (die kleinsten Exemplare) gruppiren, die unter dem Durchschnitt gegen das untere Ende (die grössten Exemplare). Zumal bei Torpedo ocellata tritt dies in gewisser Regelmässigkeit hervor, und es können daher in diesem Punkte meine Messungen als Bestätigung der Behauptung von Hrn. Babuchin dienen, dass die Organdicke an den jugendlichen Individuen relativ beträchtlicher sei als an den erwachsenen; freilich wird es wünschenswerth sein, dies Wachsthumsgesetz durch weitere, unter besonderen Cautelen vorgenommene Messungen noch sicherer zu begründen.

14. Schliesslich möchte ich nochmals darauf hinweisen, dass die normal gebaute Torpedo vier elektrische Nerven zeigt, und dass die Entwickelung der Organe, wie ich sie früher in diesen Berichten beschrieb, den Anhalt giebt, wie ein gelegentlich etwa zur Beobachtung gelangendes fünftes Stämmchen (ich selbst habe es nie angetroffen) seiner Entstehung nach zu erklären sei.

Ich sehe mich zu diesem Hinweise genöhigt, da Hr. Weyl[2] neuerdings wieder, wenn auch nur als Ausnahme, einen fünften elektrischen Nerven beschreibt, dessen Verlauf er ausdrücklich „zwischen den fünften

[1] Zur Begründung des Satzes von der Praeformation der elektrischen Elemente u. s. w. *Dies Archiv,* 1883. S. 253.

[2] Physiologische und chemische Studien an Torpedo. *Ebenda.* Festschrift als Supplementband. S. 106.

nnd sechsten Kiemensack" verlegt. In Anbetracht dessen, dass die bisher den Autoren bekannt gewordenen Torpedineen überhaupt nur fünf Kiemensäcke haben, lagen Hrn. Weyl offenbar ganz neue, bisher unbeschriebene Thiere vor, und es ist wohl möglich, dass solche wissenschaftlich erst noch zu benennende Genera ausser dem sechsten Kiemensack auch noch einen fünften elektrischen Nerven zeigen.

Zum Wachsthumsgesetz der Torpedineen.

Torpedo ocellata.

Nummer.	Länge.	Organ-Dicke.	Längen-Dicken-Index.
98	67	5·2	7·76
99	72	4·6	6·40
100	80	6·5	8·12
96	88	6·0	6·82
97	92	8·0	8·70
25	110	7·3	6·63
29	111	7·5	6·76
16	112	6·5	5·89
24	113	7·2	6·37
21	114	8·5	7·46
20	121	10·0	8·26
28	161	10·0	6·21
27	196	10·0	5·10
26	218	12·0	5·50
19	232	16·0	6·89
18	330	20·0	6·06
17	335	17·8	5·31
15	373	23·0	6·18
30	405	20·3	5·00
		Durchschnitt	6·601

Torpedo marmorata.

Nummer.	Länge.	Organ-Dicke.	Lungen-Dicken-Index.	
93	97	9·0	9·28	
92	98	(5·0)	(5·10)	schlecht conservirt
94	100	8·0	8·00	
95	101	—	—	schlecht conservirt
36	137	13·5	9·85	
22	141	9·0	6·31	
7	170	14·0	8·24	

Nummer.	Länge.	Organ-Dicke.	Längen-Dicken-Index.
34	193	13·0	6·73
31	206	13·0	6·31
10	209	16·0	7·65
12	229	14·0	6·11
2	230	12·5	5·43
3	249	15·0	6·43
8	249	16·2	6·50
11	249	15·0	6·43
9	252	16·5	6·55
5	265	19·0	7·17
1	272	16·0	5·85
35	290	18·0	6·21
4	296	21·0	7·09
13	341	27·0	7·92
14	357	24·0	6·72
6	389	28·0	7·19
32	414	23·5	5·67
33	472	25·0	5·29
		Durchschnitt	6·866

Die Maasse sind in Millimetern angegeben.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1885—86.

V. Sitzung am 15. Januar 1886.[1]

Hr. MÜLLENHOFF hielt seinen angekündigten Vortrag: Apistische Mittheilungen I. Ueber den Zellenbau der Honigbiene.

Die Waben der Honigbiene sind bekanntlich aus vielen regelmässig gestalteten Zellen zusammengesetzte und im Bienenstocke senkrecht von der Decke herabhängende Platten. Eine jede Wabe besteht aus zwei Schichten von Zellen; getrennt werden die beiden Zellschichten durch eine die ganze Wabe halbirende Mittellamelle.

Die in einer Zellschicht nebeneinander befindlichen Zellen sind im Allgemeinen von grösster Regelmässigkeit; jede einzelne ist eine reguläre sechsseitige Säule, welche an dem Zellenboden d. h. der Mittellamelle der ganzen Wabe durch eine stumpfe dreiseitige Pyramide geschlossen ist.

Wegen der grossen Regelmässigkeit erregten die Bienenwaben schon frühzeitig die Aufmerksamkeit der Naturforscher und Mathematiker.

Man suchte sich zunächst vom einseitig teleologischen Standpunkte klar zu machen, weshalb bauen die Thiere in diesen Formen, welchen Vortheil erreichen sie, indem sie gerade diese Form wählen.

Bezüglich der sechsseitigen Säule, des Haupttheiles einer Bienenzelle, bewies schon vor jetzt 1500 Jahren der Alexandrinische Mathematiker Pappus, dass die Bienen die beste aller denkbaren Formen zu finden wüssten. (Die auf die Bauten der Bienen bezüglichen Stellen aus Pappus' Schriften sind durch den Vortragenden übersetzt und in der Nördlinger Bienenzeitung 1884 publicirt worden.)

Die Zellböden wurden in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts durch Maraldi, Réaumur und König untersucht. Im Auftrage Réaumur's berechnete im Jahre 1739 der Mathematiker König die zweckmässigste, das heisst in Bezug auf den Wachsconsum sparsamste aller denkbaren Formen der die Mittellamelle zusammensetzenden Zellböden; die Berechnung ergab, dass der Boden einer jeden Zelle eine dreiseitige Pyramide sein müsse, gebildet aus drei

[1] Ausgegeben am 5. Februar 1886.

Rhomben, die an der Spitze einen Winkel von 109° 28′ haben. Dieselbe Winkelgrösse hatte im Jahre 1712 Maraldi durch Messungen an der Bienenzelle nachgewiesen.

Merkwürdiger Weise ist von Seiten der bisherigen Berechner der Bienenbauten die Länge der Zellen keiner theoretischen Betrachtung unterzogen. Der Vortragende that dieses in einem in der Berliner Entomologischen Zeitschrift 1883 erschienenen Aufsatze.

Die Berechnung ergab, dass für die zweischichtige Wabe der Biene die zweckmässigste Zelllänge die ist, bei der die lange Kante der sechsseitigen Säule 2·44 mal so lang ist, wie der Radius des um den Säulenquerschnitt umschriebenen Kreises; für die einschichtigen Waben der Wespen und Hornissen dagegen müssten die Zellen bedeutend länger construirt werden, um den Anforderungen der Zweckmässigheit zu entsprechen. Die Verhältnisse zwischen der Länge und Breite der Zellen der Bienen und der verschiedenen Wespen entsprechen nun thatsächlich diesen auf Grund der rein teleologischen Methode der Naturbetrachtung gefundenen Postulaten.

Die zahlreichen Thatsachen, welche die teleologische Naturbetrachtung ermitteln half, enthalten keine Antwort auf die Frage: warum, das heisst aus welchen wirkenden Ursachen entstehen diese Formen; sie lassen das naturwissenschaftliche Problem ungelöst, die sämmtlichen bei der Entstehung der Zellen stattfindenden Bewegungen in Bezug auf ihren Mechanismus zu erkennen, sie auf physikalisch-chemische Vorgänge zurückzuführen.

Buffon giebt in seiner Histoire naturelle, und zwar bei der Besprechung des Bibers, und ausserdem in seinem Discours sur la nature des animaux den ersten Versuch einer mechanischen Erklärung der Form der Bienenzellen. Er sagt nämlich, Tausende von gleich grossen und mit gleichen Kräften begabte Wesen bringen mit Nothwendigkeit ein regelmässiges Werk zu Stande, wenn sie in einem beschränkten Raume sich ausweichen müssen. Dieses ist bei den bauenden Bienen der Fall; sie stellen dabei Zellen her von derselben Form, wie man sie erhält, wenn man in eine mit Wasser gefüllte Flasche möglichst viele gleich grosse Erbsen hineinwirft und die Flasche dann verschliesst und in kochendes Wasser stellt. Indem ein jedes Korn beim Aufquellen einen möglichst grossen Raum einzunehmen sucht, werden sie alle durch den blossen Druck, also durch eine rein mechanische Ursache sechseckig. Ebenso sei es, sagt Buffon, bei den Bienenzellen; auch sie würden durch den gegenseitigen Druck sechseckig.

Man kann allerdings nicht leicht consequenter mechanisch denken, als es Buffon bei dieser Ueberlegung thut. Indessen ist doch seine Darstellung in mehreren Punkten nicht ganz correct. Zunächst ist die Form einer Bienenzelle keineswegs die einer einfachen sechsseitigen Säule, sondern sie stellt eine Säule dar mit einem aus drei Rhomben gebildeten pyramidalen Boden. Dieses hat Buffon übersehen. Er hatte dabei aber zugleich auch die Form der durch die quellenden Erbsen dargestellten Körper nicht vollkommen erkannt. Quellende Erbsen von gleicher Grösse liefern, wenn man sie, mit Wasser übergossen, im geschlossenen Gefässe erhitzt, allerdings sechsseitige Säulen; hiervon kann man sich durch den Versuch leicht überzeugen. Allein diese sechsseitigen Säulen sind an beiden Enden nicht durch eine Geradendfläche, sondern durch dreiseitige Pyramiden geschlossen; die Pyramiden werden aus drei unter einem Flächenwinkel von 120° zusammenstossenden Rhomben gebildet; die Kantenwinkel an der Spitze betragen also 109° 28′, genau wie dieses bei der Maraldi'schen

Pyramide der Bienenzelle der Fall ist. Die Gesammtform der Erbsen, welche im Innern der Flasche liegen, ist demgemäss die des aus der Krystallographie bekannten Rhombendodekaeders; die Erbsen dagegen, welche an den Wänden liegen, haben die wirkliche Form der Bienenzellen, und zwar haben die einer Wand anliegenden Erbsen die Form der gewöhnlichen Bienenzellen, diejenigen dagegen, welche der Berührungslinie des Flaschenbodens mit den senkrechten Flaschenwänden anliegen, haben die Form der Heftzellen.

Trotz der Unvollständigkeit seiner Beobachtungen traf somit Buffon mit seinem Vergleiche im Wesentlichen das Richtige. Er hatte klar erkannt, dass die Regelmässigkeit der Form als eine Wirkung von rein mechanischen Ursachen angesehen werden müsse. Diese Ursachen im Einzelnen aufzufinden, war ihm indessen nicht gelungen.

Es gelang auch Darwin nicht, als derselbe mehr als ein halbes Jahrhundert nach Buffon das Problem behandelte. Nach Darwin bewirken nicht mechanische Ursachen die Ebenung der Zellwände, sondern die Bienen selbst sind, durch den Instinct geleitet, im Stande, diese Construction von ebenen Platten auszuführen. Darwin beschäftigt sich dann eingehend mit der Frage, wie man sich die Entstehung des Instinctes der Honigbiene zurechtzulegen im Stande sei. Er kommt dabei zu dem Resultat, dass die Thiere von dem Baue von einzelnstehenden kugligen Zellen zu dem von einschichtigen Waben oder auch zu zweischichtigen Waben übergegangen seien. Es entfernte sich hierbei Darwin von der streng mechanischen Erklärungsweise. Darwin's Erklärungsart ist nur zum geringeren Theile mechanisch; sie ist zum grösseren Theile teleologisch.

Sollte eine vollständige Theorie der gesammten Vorgänge bei der Entstehung der Bienenzellen gegeben werden, so musste zunächst die Eigenart des Materials mehr berücksichtigt werden, als es durch die bisherigen Bearbeiter geschehen war; sodann musste im Einzelnen festgestellt werden, in welcher Weise die Thiere beim Zellenbau verfahren; drittens galt es, genau zu ermitteln, welchen Antheil etwa rein mechanische Kräfte an der Bildung der Zellenform haben und es mussten diese Kräfte in Bezug auf ihre Wirkungsart genau untersucht werden. Dieses hat der Vortragende in einem in Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie 1883 erschienenen Aufsatze unternommen.

Das Baumaterial der Honigbiene, das Wachs, ist in der Kälte und in grossen compacten Massen ein äusserst sprödes und schwer zu formendes Material. In der Wärme, die im Bienenstock während der Bauthätigkeit herrscht (27 bis 37° C.), wird es dagegen weich und biegsam, lässt sich leicht in jede beliebige Form pressen und schnellt, sich selbst überlassen, in einer ganz ähnlichen Weise zusammen, wie es Kautschuk thut. Gleich dem Kautschuk besitzt das Wachs in der Wärme eine bedeutende Verschiebbarkeit seiner Theilchen und andererseits eine bedeutende Contractilität.

Die ganze Reihe von Processen, die sich bei der Bildung der Bienenzelle abspielen, lässt sich nun, wie die Beobachtung lehrt, in drei Hauptphasen eintheilen.

1. Die Entstehung der Maraldi'schen Pyramiden und kurzen Prismenseiten,
2. Die Vergrösserung der Prismenseiten zu ihrer vollen Länge,
3. Die Füllung und Deckelung der Zellen.

Die erste Anlage der Wabe ist eine mehr oder weniger geradlinige Wachsleiste; diese wird von den Bienen an der Decke ihrer Wohnung durch An-

einanderkleben von Wachsklümpchen hergestellt. Wenn diese noch dicke und rauhe Wachsleiste eben begonnen ist, so drängen sich, sobald eine der wachsliefernden Bienen ihren Platz verlässt, sofort von beiden Seiten die Bienen mit ihren Kiefern dagegen, drücken und beissen in dieselbe rundliche Vertiefungen; das losgebissene Material wird sodann mit neu hinzukommendem theils auf die Zwischenräume zwischen den Vertiefungen aufgetragen, theils zur Vergrösserung der Leiste benutzt. Durch die Verdünnung und die von beiden Seiten erfolgende Erwärmung wird die Wachsleiste allmählich weicher und immer weicher; schliesslich, wenn die Dicke der Wachsleiste nur noch etwa 0·1 mm beträgt, erreicht die Beweglichkeit des Materiales den höchsten Grad; die Thiere halten dann mit der Verdünnung der Wand inne, da die Wand bei der Thätigkeit der Kiefer nachgiebt. Dann erfolgt durch die blosse Contractilität des Materials die Anordnung des Wachses zu Häutchen gleicher Stärke, die vollkommene Ebenung der Wände, sowie die Bildung von Flächenwinkeln von 120°.

Es bedarf keiner besonderen Hervorhebung, dass nicht der Druck der einander entgegen arbeitenden Thiere, sondern die Contractilität des Materials das eigentlich Formbestimmende ist. Es erledigen sich hierdurch die auf einer irrigen Auffassung beruhenden Einwürfe Dönhoff's (in diesem Archiv, 1884. S. 153 bis 155).

Nachdem in der beschriebenen Weise die Maraldi'schen Pyramiden mit darangefügten kurzen Prismenseiten fertiggestellt sind, erfolgt die Verlängerung der Prismenseiten. Das zur Vergrösserung der Prismenseiten dienende Material wird ebenso wie das zu den Zellböden dienende in Form kleiner, unregelmässiger, rauher Kügelchen von etwa 0·5 mm Dicke aufgetragen und dann allmählich durch Abbeissen zum grössten Theile wieder entfernt, worauf die Anordnung des Materials zu Häutchen von gleicher Stärke, die Abplattung der Wände, sowie die Entstehung der Flächenwinkel von 120° durch die Contractilität des Materials erfolgt.

Hat die Zelle die Länge der Arbeitsbiene erreicht, so wird sie mit einem Ei belegt und die aus dem Ei schlüpfende Larve erwächst in ihr und verpuppt sich. Sodann wird die Zelle mit einem Deckel versehen. Dieses bewerkstelligen die Arbeitsbienen durch Zusammenbiegen der Zellränder. Die Zartheit der Chitinhülle und des Körperinhaltes der Puppen setzt den Verschiebungen so wenig Widerstand entgegen, dass man sie geradezu als flüssig ansehen kann; ebenso besitzen die Zellwände, die das Thier umschliessenden dünnen Wachsplatten, bei der im Stocke herrschenden hohen Bruttemperatur eine sehr bedeutende Verschiebbarkeit ihrer Theilchen. Es wird sich demgemäss die Gestalt der Zelle in mannigfacher Weise verändern können, zumal es an Impulsen zu solchen Bewegungen nicht fehlt.

Die Temperatur im Stocke wechselt und Zellwand und Zellinhalt erfahren dabei eine verschiedene Ausdehnung. Die auf den Waben auf und absteigenden brütenden Bienen verursachen fortwährend Schwankungen. Je nach dem Orte, wo sie sich befinden, und der Zahl, in der sie sich an die Wabe hängen, werden sie dieselbe bald seitlich drücken, bald in die Länge zerren. Dazu kommen die Erschütterungen, denen der ganze Stock ausgesetzt ist. Endlich bedingt das ungleichmässige Ausschlüpfen der Thiere mannigfache Gestaltsveränderungen der Zellen. Da nun bei all diesen Bewegungserscheinungen das Quantum des aufgewandten Wachses und der Zellinhalt constant, die Oberfläche dagegen variabel ist, so wird bei der Contractilität des Wachses die Form der ganzen Zelle bei allen diesen Impulsen zu Bewegungen sich stets nach der Richtung zu ver-

ändern streben, dass die Oberfläche möglichst klein, die Wand also möglichst stark wird.

Es müssen daher die Zellen, welche in einer Wabe sich neben einander befinden, sich verhalten wie Seifenblasen. Thatsächlich sind die Maraldi'schen Pyramiden Plateau'sche Gleichgewichtsfiguren, d. h. also Figuren mit kleinster Oberfläche bei gegebener Umgrenzung; und die ganzen Zellen sind isoperimetrische Figuren, d. h. Figuren mit kleinster Oberfläche bei gegebenem Inhalt.

Bei dieser Entstehung der Bienenzellen ist demgemäss nicht die Kunstfertigkeit des Thieres, sondern der statische, unter den Gesetzen des Gleichgewichts wirkende Druck das Formgebende.

Wie gering die Leistungsfähigkeit der Biene ist, wenn sie unter Bedingungen arbeitet, wo ihr die formgebenden mechanischen Potenzen nicht zu Hülfe kommen, erkennt man am Besten durch die Beobachtung der Construction der Weiselwiegen. Behufs Grundlegung einer solchen häufen die Bienen zunächst einen mehrere Millimeter (5 – 10) dicken Wachsklumpen an der Seite der Wabe zusammen. In diesen Wachsklumpen beisst dann eine Biene eine flache Vertiefung und verleiht dadurch der unförmlichen Masse die Gestalt eines Eichelnäpfchens. Darauf wird auf die vorspringende Kante des Becherrandes neues Wachs gehäuft, durch Hineinkriechen in die auf diese Art entstehende cylindrische Höhlung und Abbeissen von innen her wird die Röhre erweitert, bis schliesslich eine am Grunde näpfchenartig vertiefte, reagensglasförmige Höhlung entstanden ist. Eine solche Weiselwiege ist genau so einfach wie die von der Mauerlehmwespe (Odynerus murarius) am Eingang in ihren Röhrenbau angefügten Regentraufen.

Das Verfahren der Bienen bei der Erbauung der Zellen der Waben ist in allen wesentlichen Punkten genau dasselbe wie bei der Construction der Weiselwiegen. Die Zusammentragung des Materials, die Aushöhlung halbkugliger Vertiefungen, der Ansatz des neuen Wachses auf die vorspringenden Ränder wiederholen sich in beiden Fällen. Es wird nur bei der Weiselwiege das Abbeissen des Wachses nicht bis zu so weit gehender Verdünnung der Wände fortgesetzt und es fehlen hier die Nachbarzellen.

Ebensowenig wie die Kunstfertigkeit der Thiere lässt sich die Körperform derselben als Ursache für die besondere Gestalt der Zellen anführen. Zumal die Bienenzellen müssten bei der grossen Beweglichkeit ihres Materials und den vielfachen Anstössen zu Formveränderungen, wie sie das Leben im Bienenstocke mit sich bringt, bei der Anordnung der Zellen zu zweischichtigen Waben sehr bald die Form sechsseitiger Säulen mit den Maraldi'schen Pyramiden annehmen, auch wenn die Biene einen genau kugligen oder einen spitzen kegelförmigen oder auch einen an der Vorderfläche ganz ebenen Körper besässe.

Viel eher könnte man annehmen, dass bei den Hummeln, Melipomen, Bienen und Wespen die Gesammtform des Körpers durch die Art der Anordnung der Zellen hätte beeinflusst sein können. Die Länge der Zellen muss, wenn sie der Minimumbedingung entsprechen soll, bei einschichtigen Waben bedeutender sein als bei zweischichtigen. Dass der Körper der Hummeln kuglig (entsprechend 2 r), der der Bienen länger (2·44 r), der der Wespen sehr langgestreckt ist (3·5 r), könnte man sich demgemäss aus der verschiedenen Art, wie die die Larven und Puppen enthaltenden Hohlräume disponirt sind, zu erklären geneigt sein.

VI. Sitzung am 29. Januar 1886.

Hr. EWALD berichtet über die Versuche, welche er über die Bedeutung des sog. zweiten Schluckgeräusches angestellt hat.

In einer ausführlichen Darstellung der Vorgänge der „Schluckbewegung“ [1] sagt H. Kronecker: „Aus den Erfahrungen, welche die Auscultation der Schluckgeräusche beim Menschen bot, war zu folgern, dass die Cardia beim Menschen unter normalen Verhältnissen geschlossen ist. Denn das Druckgeräusch, das normaler Weise erst 6 bis 7 Secunden nach dem Schluckbeginn zu Stande kommt, lässt darauf schliessen, dass sich die Cardia normal in mittelstarkem Tonus befindet, sodass es der kräftigen Contraction des dritten Oesophagusabschnittes bedarf, damit die Schluckmasse durch die Cardia hindurchgespritzt werde. Die Cardia wird hierdurch in hörbare Schwingungen versetzt, die von dem lufthaltigen Magen durch Resonanz verstärkt werden.“ Und ferner: „Wir (Kronecker und Meltzer) haben gefunden, dass der Schluck weniger als 0·1 Secunde dauert und während dieser Zeit die verschluckte Masse normaler Weise bis über die Cardia gefördert wird, dass hierauf etwa 6 Secunden verfliessen, bevor die Contraction des letzten Oesophagusabschnittes beginnt, welche die Schluckmassen durch die Cardia in den Magen drängt, wobei das Meltzer'sche Durchpressgeräusch (zweites Geräusch Ewald) hörbar ist.“

Die Annahme, dass die Schluckmasse 6″ vor der Cardia liegen bleibt, beruht also auf der Coincidenz der Contraction des dritten (letzten) Oesophagusabschnittes und des Durchpressgeräusches; sie soll ferner bekräftigt werden durch die Beobachtung Kronecker's an einem Patienten mit einer Magenfistel, bei dem er mit der Hand in den Magen eingehend jedesmal 6″ nachdem derselbe einen Schluck Wasser genommen hatte, die Flüssigkeit durch die Cardia dringen fühlte; endlich dadurch, dass bei Hunden, welchen Mosso eine hölzerne Pflaume zu schlucken gab, der Eintritt derselben in den Magen „erst 6—10—15 Secunden“ nach dem Schluck statt hatte.

Der Vortragende hat vor einiger Zeit [2] einige Bedenken, die sich ihm gegen die von Kronecker und Meltzer gegebene Erklärung des Geräusches und die von Meltzer befürwortete event. diagnostische Verwerthung desselben aufgedrängt hatten, geltend gemacht.

Soweit dieselben auf die diagnostische Verwerthung oder vielmehr Nichtverwerthbarkeit desselben sich bezogen und auf den Umstand mit begründeten, dass man das zweite Geräusch nicht nur bisweilen erst viel später wie 6 Secunden nach dem Schlucken hört, sondern unter Umständen derartige Geräusche ohne jeden Schluckact vernimmt, sowie dass man häufig ein typisches erstes und zweites Geräusch nach einem einzigen Schluck zu hören bekommt (wie übrigens auch Kronecker und Meltzer zugestehen), sind sie jüngstens von Hrn. Dirksen in einer unter dem Praesidium von Prof. Fräntzel gearbeiteten Dissertation bestätigt worden.[3] Derselbe hat sich für die ohne vorausgegangenen

---

[1] H. Kronecker, die Schluckbewegung, Vortrag gehalten in der Gesellschaft für Heilkunde zu Berlin. 1884.

[2] C. A. Ewald, Ueber das Schluckgeräusch. *Berliner klinische Wochenschrift.* 1883. Nr. 52.

[3] H. Dirksen, *Beitrag zur Lehre von den Schluckgeräuschen.* Dissertation. Berlin 1885.

Schluckact erfolgenden Geräusche der s. Z. gegebenen Erklärung des Vortragenden, dass sie nämlich durch Contractionen der Magenmusculatur entständen, angeschlossen, für die anderen dagegen die Kronecker-Meltzer'sche Erklärung (s. o.) adoptirt.

Der Vortragende legte sich nun die Frage vor, ob die betreffenden zweiten Geräusche durch den Uebertritt der Schluckmasse in den Magen durch die Cardia erzeugt werden; oder ob sie, wie schon Zenker, welcher zuerst die Geräusche gehört und beschrieben hat, annahm, dnrch die mit verschluckte, aber erst nach der Schluckmasse in den Magen gepresste Luft entstehen. Ist letzteres der Fall, so bedarf es eines anderen Beweises für die befremdliche Behauptung, dass die Schluckmasse 6″ vor dem Magen liegen bleibe, und erklärt sich zugleich die Thatsache, dass Pressgeräusche ohne Schluckbewegung oder aber verspätet oder im Anschluss an Durchspritzgeräusche zu hören sind. Denn die sub 2 und 3 von Hrn. Kronecker vorgebrachten Beweismittel vermag der Vortragende nicht als solche anzuerkennen. In dem Falle mit der Magenfistel handelt es sich nämlich um eine auf blutigem Wege erweiterte Strictur der Cardia und des untersten Oesophagusabschnittes, also um ganz anormale Verhältnisse und bei den Mosso'schen Versuchen um einen harten, einen grösseren Widerstand bietenden Körper, von dem ausserdem nicht gesagt ist, dass er 6—10—15″ brauchte, um vom Schlund bis in den Magen zu kommen.

Der Vortragende hat zur Beantwortung dieser Frage folgende Versuchsreihen angestellt:

1. Gelingt es, bei tief nach hinten zurückgebeugtem Kopfe zuweilen (aber nicht immer) nur Wasser ohne Luft zu verschlucken, dann hört man kein Pressgeräusch. Es kommt dabei darauf an, den Rachen mit Wasser gewissermaassen volllaufen zu lassen und nur einen Theil desselben zu verschlucken, ohne, was nicht leicht zu überwinden, unmittelbar darauf nachzuschlucken.

2. Kann man jeder Zeit typische Pressgeräusche erzeugen, wenn man mit Hülfe einer in den Oesophagus geführten dünnen, mit einem Doppelballon (vom Spray-Apparat) verbundenen Sonde langsam geringe Mengen Luft eintreibt. Es kommt darauf an, die Luft langsam und nur wenig auf einmal einzublasen, anderenfalls erhält man nur ein einfaches zischendes Geräusch. Führt man die Sonde bis in den leeren Magen, so hört man gar nichts. Bringt man sie unter den Spiegel des mit Flüssigkeit gefüllten Magens, so hört man die bekannten gurrenden bez. plätschernden Schallphaenomene.

3. Der der Leiche entnommene, mit dem Oesophagus herauspraeparirte Magen wird an letzterem an einem Stativ aufgehängt, der Oesophagus mit einer Doppelhahn-Spritze verbunden und das Duodenum am Pylorus abgebunden bez. ein Hahn daselbst eingesetzt. Den normalen Tonus der Cardia kann man durch einen dünnen Gummiring herstellen, welcher die Wände der Cardia gerade an einander presst und ohne Druck kein Wasser aus dem Oesophagus durchlässt, aber schon bei gelindem Druck nachgiebt. Man kann nun entweder nur Luft, oder nur Wasser oder Luft und Wasser in kleinen, etwa jedesmal einem Schluck entsprechenden Quantitäten in den Magen spritzen und diese Procedur bei verschiedenem Füllungszustande des Magens mit Wasser oder Luft vornehmen. Auscultirt man nun in der Gegend des Fundus, so hört man bei Luft nur typische Pressgeräusche, bei Luft und Wasser oder Wasser allein nur typische Druckspritzgeräusche, beide in ihrer Intensität und Höhe abhängig einmal von der Gewalt des Durchpressens, zweitens von dem Füllungsgrade des Magens.

Aber das Durchtreten der Schluckmasse, in diesem Falle des Wassers, erzeugt niemals ein Geräusch von dem Charakter des Press- oder zweiten Geräusches.

4. Einer 33 jährigen Person wird eine mit einem Gummiballon armirte Schlundsonde bis zu bestimmter Marke in den Oesophagus eingeführt, das andere Ende mit dem Tambour enrégistreur des Grunmach'schen Sphygmographen verbunden und zugleich die Herzgrube mit einem Quincke'schen Stethoskop auscultirt. Ein Metronom, halbe Secunden schlagend, gestattet Eintritt und Dauer der Ausschläge des Zeichenhebels, d. h. der Oesophagus-Contractionen abzuzählen und aufzuschreiben, während die linke Hand des Experimentators auf dem Kehlkopf die Schluckbewegungen controlirt.

(Demonstration in der Gesellschaft.)

Auf diese Weise ist es möglich, die Coincidenz der Geräusche mit den Oesophaguscontractionen und ihre Abhängigkeit von dem Schluckbeginn zu prüfen. Diese Versuche sind ausser bei der vorgenannten noch bei zwei anderen Personen angestellt, von denen die erste, eine 50 jährige Frau, jederzeit ausgezeichnete erste Geräusche und erste und zweite Geräusche hören lässt.

Das Ergebniss dieser in grosser Anzahl und immer gleichlautend ausgeführten Versuche ist eine fast alle Combinationen erschöpfende Mannigfaltigkeit der Beziehungen der einzelnen Factoren zu einander. Es finden sich: Schluck-, Ausschlag (hierunter immer der zweite Ausschlag verstanden) Geräusch oder: Schluck, Ausschlag, kein Geräusch oder: Kein Schluck, Ausschlag, Geräusch oder: kein Schluck, Ausschlag, kein Geräusch oder kein Schluck, kein Ausschlag, Geräusch. Niemals aber wurde eine deutliche Schluckbewegung ohne Ausschlag beobachtet. Endlich ist zu bemerken, dass auf eine Schluckbewegung häufig eine Reihe von Ausschlägen event. mit Geräusch bis zur 40. und 50. Secunde folgten. Unter Schluckbewegung ist dabei die eines vollen oder leeren Schlucks verstanden.

Aus den Protocollen seien nur folgende Auszählungen angeführt, da ihre Wiederholung nur dasselbe ergiebt.

1. 26 Einzelbeobachtungen hintereinander. Morgens 4 Stunden nach dem Frühstücke. Eintritt des Pressgeräusches im Mittel nach 6·1″. Darunter 10 Mal Wasser mit 7 Mal Geräusch und Ausschlag. 3 Mal Ausschlag ohne Geräusch, 6 Mal Geräusch ohne Ausschlag, 3 Mal Ausschlag ohne Bewegung des Kehlkopfes und ohne Geräusch; oder

2. 16 Einzelbeobachtungen hintereinander. Morgens. Eintritt des Pressgeräusches im Mittel nach 7″. 5 Mal Wasser mit 1 Mal Geräusch. 14 Mal Ausschlag ohne Geräusch, 2 Mal kein Schluck aber Geräusch und Ausschlag;

3. 31 Einzelbeobachtungen. Eintritt des Pressgeräusches im Mittel nach 5″. Darunter 11 Mal Wasser mit 2 Mal Geräusch. 4 Mal Ausschlag und Geräusch ohne Schluck; 2 Mal Geräusch ohne Ausschlag und ohne Schluck, 3 Mal Ausschlag ohne Schluck und ohne Geräusch.

Oder bei anderen Versuchspersonen: Deutliches Durchspritzgeräusch, sodann bei 6″ 11″ und 33″ Ausschlag und zweites Geräusch. — Starkes erstes Geräusch, bei 14″ und 28″ grosse Ausschläge ohne Geräusch (und natürlich ohne Nachschlucken). — Starkes erstes Geräusch, Ausschlag von 7·5 bis 10″, dabei zwei laute Geräusche, ein weiterer Ausschlag bei 15″ und Geräusch u. s. f.

Und bei einer dritten Versuchsperson: 27 Einzelbeobachtungen. Im Mittel Pressgeräusch nach 9·9″. 8 Mal Wasser mit 5 Mal Geräusch. 1 Mal Geräusch und Ausschlag ohne Schlucken, 21 Mal Ausschlag ohne Geräusch, darunter 2 Mal ohne jeden Schluck, 12 Mal als 3. bez. 4. Ausschlag.

Diese Angaben dürften genügen, um darzuthun, dass das zweite oder Pressgeräusch nicht an den Uebergang der Schluckmasse in den Magen gebunden ist, sondern an den Durchschnitt der gleichzeitig verschluckten oder vorhandenen Luft. Denn es kann nur durch den Durchtritt von Luft durch die Cardia erzeugt werden, und fehlt nach einer grossen Zahl von Schlucken, trotzdem die Contraction des unteren Oesophagus-Abschnittes regelmässig statt hat. Es ist also eine secundäre mit dem Eintritt der Schluckmasse in den Magen keineswegs nothwendigerweise verbundene Erscheinung und mithin kein Beweis für das supponirte Verweilen der Schluckmasse vor der Cardia im Sinne von Kronecker und Meltzer. Es kann, wie schon Zenker annahm, die flüssige (oder breiige) Schluckmasse langsam in den Magen übergetreten sein und an den Schluss dieses Vorganges sich das Geräusch anschliessen. Obgleich dem Vortragenden diese Auffassung die wahrscheinlichste dünkt, betont er doch, dass auch hierfür der Beweis noch nicht geliefert ist. Seine eigene früher geäusserte Auffassung über das Zustandekommen der Geräusche möchte er jetzt in dem Sinne modificiren, dass sie in der Mehrzahl der Fälle entstehen durch den Uebergang von Luft durch die Cardia in den Magen, also meist im Gefolge des eigentlichen Schluckactes, in seltenen Fällen aber — nämlich denen, wo keine Schluckbewegung und keine Oesophagus-Contraction stattfindet — durch die Action des Magens zu Stande kommen, entweder in dem Magen selbst oder ebenfalls an der Cardia durch Uebertritt von Luft aus dem Magen in den Oesophagus, welcher Uebergang allerdings nicht heftig genug sein darf, um „Aufstossen“ hervorzurufen.

Der gewichtigste Einwand, den Kronecker gegen die Zenker'sche Anschauung macht, dass nämlich nicht einzusehen sei, warum, gleichviel, ob ein kleiner oder grosser Schluck genommen, das Geräusch constant erst 6—7″ danach auftrete, erledigt sich dadurch in ungezwungener Weise, dass es zur Erzeugung desselben eben der Contraction des untersten Oesophagusabschnittes bedarf, die die restirende Luft mit einer gewissen Gewalt durch die Cardia presst, während die Schluckmasse nur unter dem Einfluss ihrer Schwere durch dieselbe hindurchsickert. Die Contraction des Oesophagus nach dem Schluck hat die Aufgabe, die Speiseröhre gewissermaassen nachzufegen, und ist von Bedeutung vornehmlich dann, wenn grössere festere Massen verschluckt sind. Dies beweisen die HH. Kronecker und Meltzer durch den Nachweis des Ausbleibens der Contraction (Eintritt eines Hemmungsvorganges) bei einer Reihe aufeinanderfolgender Schlucke, deren jeder einzelne innerhalb eines Intervalles bis zu 5—6″ liegt. Es wird also die Contraction nur ein Pressgeräusch erzeugen, wenn Luft vor der Cardia befindlich ist, d. h. unter Umständen, die nicht nothwendig einzutreten brauchen und nicht von dem Eintritt der Schluckmasse in den Magen abhängen. Die Anschauung von Zenker, welche Kronecker eine „seltsame“ nennt, dass die mit Luft geschluckte und im Pharynx gemischte Flüssigkeit im Oesophagus in einen tieferen, flüssigen und einen höheren gasförmigen Theil sich sondere, ist eine vollkommen richtige. Es wäre „seltsam“, wenn dies in der Zeit von 6″ nicht geschähe. Factisch geschieht es nur dann nicht, wie das Durchspritzgeräusch beweist, wenn die Schluckmasse

bei schlaffer Cardia — und vielleicht ungewöhnlich starker Action der Schlundmusculatur — sofort in den Magen befördert wird.

Schliesslich sei erwähnt, dass offenbar auch andere Reize, wie erkennbare Schluckbewegungen, zu Contractionen des unteren Oesophagusabschnittes Veranlassung geben können, denn es treten wiederholt Ausschläge des Zeichenhebels ohne nachweisbare Schluckbewegung auf. Dasselbe hat Kronecker auch beim Hunde gesehen, bei dem ganze Gruppen solcher Marken verzeichnet wurden.

Nachtrag zur Sitzung vom 11. December 1885.

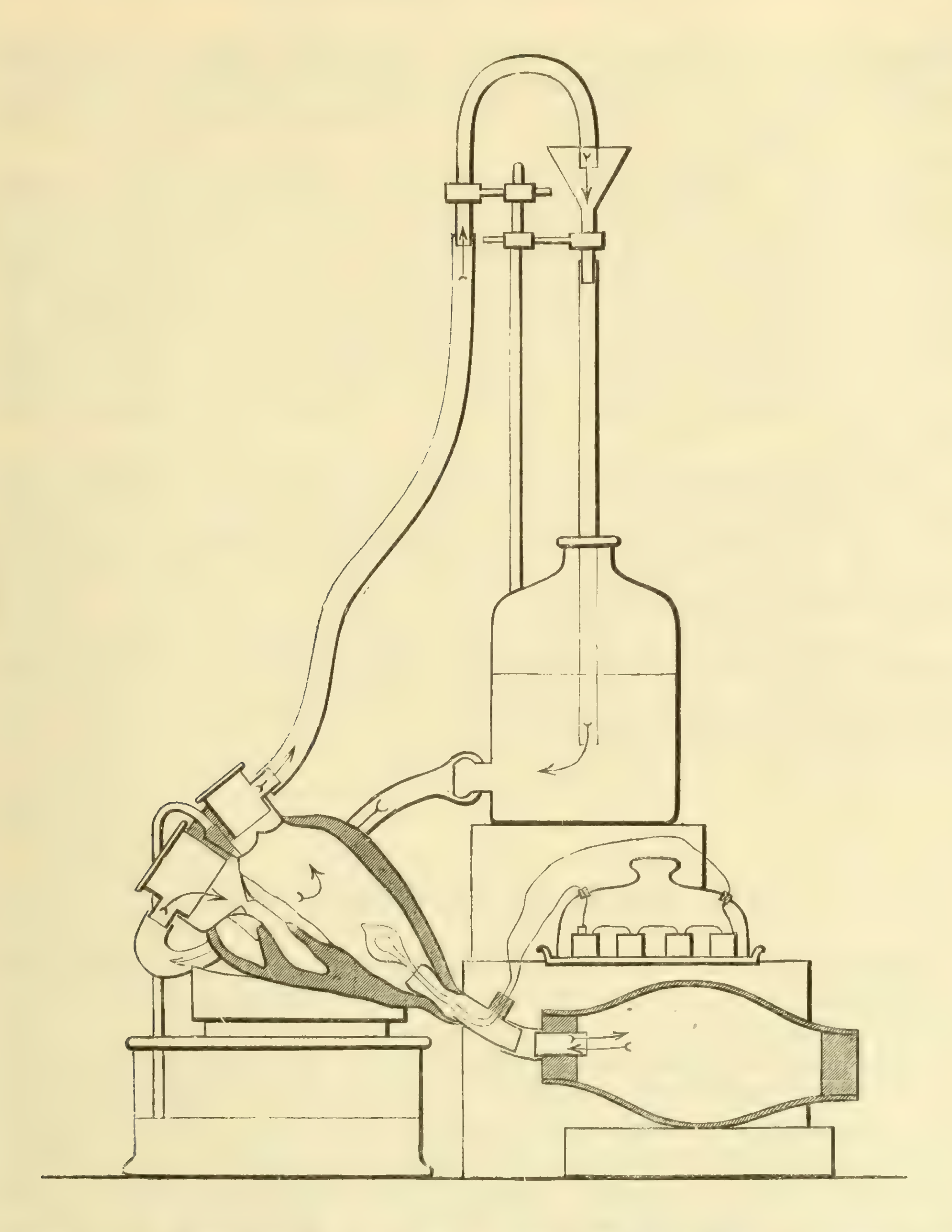
Hr. GAD demonstrirte das Klappenspiel im Ochsenherzen unter Anwendung intraventriculärer Beleuchtung auf folgende Weise.

In den linken Vorhof eines möglichst grossen Ochsenherzens ist eine cylindrische Messingcanüle von 7 ^{cm} Durchmesser und 5 ^{cm} Länge gebunden. Auf das freie Ende der Canüle ist eine planparallele Glasplatte wasserdicht aufgeschraubt. Seitlich an der Canüle befindet sich ein Tubulus von 1·5 ^{cm} Durchmesser und 2·6 ^{cm} Länge. Eine ebenso eingerichtete Canüle von 5 ^{cm} Durchmesser ist in die Aorta gebunden. Durch den seitlichen Tubulus communicirt die Vorhofs-Canüle mittels eines weiten kurzen Kautschukrohres mit der nahe dem Boden befindlichen Tubulatur einer 5 Liter-Flasche, welche als Druckflasche so aufgestellt und mit Wasser gefüllt wird, dass das Wasser-Niveau sich etwa 40 ^{cm} über dem Vorhof befindet.

Auf den seitlichen Tubulus der Aorten-Canüle ist ein, ein Meter langes Kautschukrohr aufgebunden, welches gerade in die Höhe zu dem einen Schenkel eines ∩-förmigen Glasrohres führt. Der freie Schenkel dieses Rohres mündet über einem Trichter, von dem ein Kautschukrohr bis unter das Niveau des Wassers in der Druckflasche reicht. In die, über die rechte Herzkammer hervorragende Spitze des linken Ventrikels ist ein 2 ^{cm} weites, vorne gewulstetes Glasrohr eingebunden, welches auf der anderen Seite mit einem geräumigen dickwandigen Kautschukballon communicirt. Durch periodisches Zusammendrücken des Kautschukballons kann man einen regelmässigen, periodisch unterbrochenen Flüssigkeitsstrom von der Druckflasche durch das linke Herz, Steigerohr, Trichter und zurück zur Flasche unterhalten. Es ist erforderlich, dass der Kautschukballon beim Nachlassen des Druckes eine kräftige Saugwirkung entfalte. Ist dies der Fall und sind alle künstlichen Verbindungen genügend weit und kurz, so functioniren die Klappen ausgezeichnet. Die planparallelen Glasscheiben an den freien Enden der Vorhofs- und Aorta-Canüle gestatten bei zweckmässig auffallendem Lichte eine schöne Uebersicht über die Vorgänge bei Oeffnung und Schluss der Klappen. Wesentlich verbessert werden aber die optischen Bedingungen für die Beobachtung durch eine kleine elektrische Glühlampe,[1] welche durch das Loch in der Spitze des linken Ventrikels, vor Einführung der betreffenden Canüle, in den Hohlraum desselben eingebracht ist und deren Leitungs-

---

[1] Die benutzte Lampe ist birnförmig, hat 24 ^{cm} im Durchmesser, wird von Keiser und Schmidt in Berlin, Johannisstr. 20, für 5 Mk. geliefert und giebt bei Speisung mit 4 kleinen Grove ausreichend helles Licht.



drähte durch diese Canüle und ein an derselben befindliches Seitenrohr nach aussen geführt sind.

Die intraventriculäre Beleuchtung macht nicht nur die Klappensäume deutlich sichtbar, sondern gestattet auch die Betrachtung der inneren Ventrikelwand, der Papillarmuskeln und der Chorda tendineae.

Um einen deutlichen Eindruck von den Einzelnheiten zu gewinnen, muss man das Auge ziemlich nahe an die Glasplatte der einen oder anderen Canüle in die Verlängerung der Axe derselben bringen. Da die beiden Axen beträchtlich divergiren und da man die natürliche Lage der Canüle nicht ändern darf, wenn man das Klappenspiel nicht stören will, so ist es nicht leicht, einen Standpunkt zu gewinnen, von dem aus man das Spiel beider Klappensysteme gleichzeitig übersehen kann. Dies ist aber wünschenswerth, um den Eindruck des

Alternirenden im Klappenspiel zu erhalten. Durch ein System von drei Planspiegeln wird der Anforderung genügt, so dass man die Einzelnheiten beim Hineinblicken in die einzelnen Canülen, das Gesammtspiel beim Aufblick auf den einen Spiegel beobachten kann.

Die Arteria pulmonalis und der rechte Vorhof sind auf je einen passenden Kork abgebunden. In dem Kork des letzteren steckt eine nach unten gebogene Glascanüle, welche dem durch den Coronarkreislauf in das rechte Herz gelangten Wasser freien Abfluss in das grosse Glasgefäss gestattet, über dem das Herz anfgestellt ist, und welches auch das Wasser auffängt, das aus kleinen Gefässen, die bei der Praeparation etwa eröffnet sind, ausfliesst. Zu verhindern ist der Uebertritt von Wasser in das rechte Herz nur schwer, wegen der durch die Foramina Thebesii in Vorhof und Ventrikel ausmündenden Venen des Coronarkreislaufs.[1]

Nach der Demonstration werden die Glasplatten von den Canülen abgeschraubt, die Kautschukröhren von den Tubulis entfernt und das Herz mit den Canülen in 10 % wässriger Chlorallösung aufgehoben. In letzterer erhalten sich die Klappen weich und elastisch, so dass die Domonstration an demselben Herzen jederzeit wiederholt werden kann.

Die beigegebene Skizze ist ganz schematisch gehalten. Aus Rücksicht auf Einfachheit der Zeichnung ist das Herz so dargestellt, als ob beide Canülen über einander lägen, während in Wirklichkeit das Herz am besten mit neben einander liegenden Canülen gelagert wird.

VII. Sitzung am 12. Februar 1886.[2]

Hr. Müllenhoff hielt den angekündigten Vortrag: Apistische Mittheilungen. II. Ueber das Verfahren der Honigbiene bei der Bergung und Conservirung von Blüthenstaub und Honig.

Anknüpfend an seine frühere Besprechung der Entstehung der Bienenzellen (s. oben S. 373) theilte der Vortragende mit, dass er in der Zwischenzeit eine bisher vollkommen unberücksicht gebliebene Arbeit Kepler's über die Bienenzellen kennen gelernt habe (Kepleri Opera omnia Editio Frisch. Frankfurt a. M. 1868. t. VII. p. 720 sqq.). Die Kepler'sche Abhandlung führt den eigenthümlichen Titel: „das Neujahrsgeschenk oder über die sechseckigen Schneefiguren“;

[1] Vergleiche hierüber L. Langer: „Die Foramina Thebesii im Herzen des Menschen“ in den *Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften.* 1880. Abth. III. LXXXII. S. 25. — Dieser Autor thut übrigens Haller Unrecht, indem er ihn die von Vieussens und Thebesius entdeckten, über die Innenfläche des ganzen Herzens zerstreuten kleinen Venenmündungen leugnen lässt (S. 33). Haller's Darstellung an dem von Langer (ohne Angabe der Seitenzahl) citirten Ort (*Elementa Physiologiae Corporis humani.* Lausannae 1757. T. I. p. 382), lässt gar keinen Zweifel darüber zu, dass er die Existenz derselben in beiden Vorhöfen und Herzkammern anerkennt und zwar auf Grund eigener Experimente. Bei Vorbereitung der oben beschriebenen Demonstration hat man übrigens manchmal Gelegenheit, blutig gefärbte Flüssigkeit aus der Herzwand sich dem schon völlig klaren Wasser des linken Herzens in feinen Strahlen beimischen zu sehen.

[2] Ausgegeben am 5. März 1886.

sie enthält ausser einer Beschreibung der Schneesterne eine sehr gute und vollständige Schilderung der Formen der Bienenzellen, sowie eine Vergleichung derselben mit dem Rhombendodekaeder.

Der Vortragende gab sodann eine Darstellung des Verfahrens der Honigbiene bei der Einsammlung des Blüthenstaubes. Die Biene befeuchtet den Pollen schon bei der Entnahme aus der Blüthe; sie thut das, indem sie Honig aus dem Rüssel hervorpresst. Durch dieses Verfahren macht das Thier auch den an und für sich trockenen Blüthenstaub windblüthiger Pflanzen klebrig und zum Transporte geeignet; die Biene kann deshalb in ihren an den Hinterbeinen befindlichen Körbchen grosse Mengen solchen klebrigen Blüthenstaubes aufhäufen, und es werden ihr die bei den niederen Apiden noch vorhandenen Sammelhaare an den Schienen entbehrlich.

Von allen Insecten hat die Honigbiene die vollkommensten Apparate zum Pollensammeln; sie ist zugleich auch im Honigsaugen das geschickteste aller Insecten. Kein anderes Insect vermag sich den mannigfachen Blumeneinrichtungen in so vielfältiger Weise anzubequemen; namentlich durch die Untersuchungen von Müller-Lippstadt und E. Löw (Jahrbuch des Botanischen Gartens. III. Berlin 1884) wurde diese grosse Virtuosität nachgewiesen, mit der die Biene verfährt. Sie setzt das Hebelwerk der Salvia-Arten, die Nudelpresse von Lotus, Ononis, Lupinus, den Schleudermechanismus von Sarothamnus und Genista, die Pollenbürste von Lathyrus und Vicia, die Streuvorrichtung von Cerinthe, Erica und Calluna mit derselben Sicherheit in Bewegung, mit welcher sie unter Schlundklappen (Boragineen), in engen Blumenkronröhren (Labiaten, Lycium) oder in Hohlspornen (Viola, Linaria) verborgenen Honig nach kurzer Orientirung aufzuspüren vermag.

Ganz besonders bemerkenswerth ist, dass die Bienen, wenn sie ihre Körbchen an den Hinterbeinen mit Blüthenstaub füllen, nie Pollen verschiedener Pflanzen mischen; sie befliegen stets eine Blumenspecies so lange, bis sie eine volle Ladung haben. Es ist dieses schon früher durch directe Beobachtung einzelner Pollen sammelnder Bienen festgestellt worden; zu ganz vollkommener Gewissheit ist es indessen erst erhoben durch A. v. Planta (Eichstädter Bienenzeitung 1884, S. 206); derselbe untersuchte die Höschen d. h. die Pollenladungen von Bienen, welche direct am Eingangsloche ihres Stockes abgefangen wurden. Stets betrugen die Verunreinigungen nur wenige Procent. Die Honigbiene erspart bei ihrem Verfahren die mühsame und zeitraubende Arbeit, die erforderlich wäre, um den Mechanismus ihrer Sammelapparate beim wechselnden Befliegen verschiedener Blumenspecies zu verändern und der Erreichung ihres Endzweckes jedes Mal anzupassen. Es reiht sich dadurch, wie A. v. Planta mit Recht hervorhebt, die Biene in Betreff der Arbeitstheilung in würdiger Weise dem Menschen selbst an, der beim Betriebe seiner höheren technischen Gewerbe ganz ähnlich verfährt.

Wenn die mit Pollen beladenen Bienen im Stocke ankommen, so wird ihnen durch die mit der Hausarbeit beschäftigten Bienen das Material abgenommen; von diesen wird der Blüthenstaub dann von Neuem mit Honig und Speichel befeuchtet und mit dem Kopfe in die Zellen eingestampft.

Der Pollen wird dabei fast ausschliesslich in den Arbeiterinnenzellen untergebracht, nur selten in Drohnenzellen. Dieses scheint darin begründet zu sein, dass das Einstampfen des Pollens in den grösseren Drohnenzellen für die Bienen weniger bequem ist.

Der mit Honig befeuchtete Pollen bildet, wenn er in die Zelle eingedrückt ist, eine so feste Masse, dass man vermittelst eines Pfriems häufig den gesammten Zellinhalt als zusammenhängendes sechsseitiges Prisma aus der Zelle entfernen kann. Die nähere Untersuchung eines solchen Blüthenstaubprisma's zeigt schon bei der Betrachtung mit blossem Auge eine Zusammensetzung aus zahlreichen übereinanderstehenden und durch die wechselnde Farbe deutlich verschiedenen Schichten. Es wird eben von den Hausbienen der Blüthenstaub den verschiedenen Pollensammlern abgenommen, wie dieselben gerade ankommen, und in die Zellen gefüllt.

Sehr häufig kommt es vor, dass die Arbeiterinnenzellen zum Theil mit Pollen zur anderen Hälfte mit Honig gefüllt werden. In diesen Zellen wird der Blüthenstaub durch den Honig hermetisch von der Luft abgeschlossen und dadurch ebenso wie Früchte durch darübergegossene concentrirte Zuckerlösung vor Veränderungen bewahrt; der Blüthenstaub in den offenbleibenden Zellen wird dagegen leicht trocken, krümelig und schimmelig, und ist in Folge dessen schlisslich für die Bienen ungeniessbar.

Während die Einsammlung des Blüthenstaubes durch die älteren Bienen, die „Flugbienen", die Bergung desselben in den Zellen durch die jüngeren Thiere, die „Hausbienen" geschieht, wird der Honig von den Flugbienen sowohl gesammelt, wie in den Zellen untergebracht. Zur Bergung des Honigs sind beide Zellenarten, die Drohnenzellen und die Arbeiterinnenzellen gleich gut geeignet. Das Verfahren des Thieres ist hierbei folgendes: Die Biene befeuchtet zuerst durch andauerndes Belecken eine kleine Zelle am Zellenboden; dann drückt sie einen Honigtropfen darauf. Durch eine zweite und weitere folgende Bienen wird dieser Tropfen vergrössert und füllt schliesslich die ganze Zelle an. Dieses beschreibt schon Réaumur in seinen Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes (Mémoire VIII); die von Réaumur gegebene Darstellung wurde durch den Vortragenden wiederholt durch Beobachtungen bestätigt, welche er an Zellen machte, die der Glaswand eines Beobachtungsstockes angebaut waren. An solchen Zellen lassen sich alle Einzelheiten des Verfahrens der Honigbiene sehr genau beobachten; die Zellen im Innern des Stockes lassen natürlich keine Beobachtung zu.

Der Honig zeigt, während die Zelle gefüllt wird, stets eine gewölbte Oberfläche, da er eine sehr starke Cohaesion besitzt, dagegen am Wachs sehr wenig adhaerirt. Auf der Oberfläche des Honigtropfens entsteht nun eine dünne Haut, die sich unter gleichen Verhältnissen auf der Milch bildet; diese Haut wird, wenn eine Biene neuen Honig zur Vergrösserung der in der Zelle schon vorhandenen Honigmenge herbeibringt, bei Seite geschoben und die Biene vermehrt das unter der Haut hervorquellende Honigtröpfchen durch Hinzufügen ihres Honigs aus dem Honigmagen. Die grosse Cohaesion der Honigtheilchen bewirkt dann ein Zusammenfliessen des vor dem Häutchen befindlichen Honigs mit dem hinter demselben liegenden, wobei sich gleichzeitig das Häutchen nach der Zellenöffnung verschiebt. Auch wenn die Zellen ganz mit Honig gefüllt sind, können die Bienen auf der Wabe hin und herlaufen, ohne dass ein Ausfliessen des Honigs eintritt.

Man beobachtet bei den Bienen, welche auf den gefüllten Waben auf- und absteigen, vielfach, dass sie ihren Giftstachel hervorstrecken. Es geschieht das auch dann, wenn die Bienen durch den Menschen in ihrer Thätigkeit gar nicht gestört werden; und es darf daher nicht etwa als ein Zeichen von Aufregung

der Thiere betrachtet werden. Wenn Abends bei tiefstehender Sonne die Beleuchtung in dem Beobachtungsstocke günstig ist, so lässt sich deutlich wahrnehmen, dass am Ende des vorgedrückten Giftstachels ein Tröpfchen des Bienengiftes hängt. Diese Gifttröpfchen werden nun, wie der Vortragende im Juli 1883 zu wiederholten Malen zu beobachten Gelegenheit hatte, an den Waben abgestreift und zwar in den Honig der gefüllten Zellen. Da das Bienengift aus Ameisensäure besteht, so erklärt sich hieraus, dass, wie es schon früher durch chemische Analyse festgestellt wurde, im Bienenhonig Ameisensäure enthalten ist, während der Blüthennectar unserer Blumen frei von Ameisensäure ist.

Dass dem Honig, ehe die Zellen bedeckelt werden, ein Tröpfchen von dem Secrete der Giftdrüse zugefügt wird, wurde von dem Vortragenden im Jahre 1883 in Pflüger's Archiv für Physiologie publicirt. Die Deutung dieser Beobachtung im Sinne der Zweckmässigkeitslehre ist sehr einfach. Bereits durch die Arbeiten von Jodin (Comptes rendus 1866) sowie die späteren eingehenderen Untersuchungen von Erlenmeier und von Planta (Münchener Akademie 1875) war festgestellt worden, dass die Ameisensäure ausgezeichnet ist durch ihre antiseptische Wirkung. Zumal auf Zuckerlösungen wirkt sie erhaltend; sie verhindert die Gährung und ist deswegen ein vorzügliches Conservirungsmittel; sie übertrifft die Salicylsäure und das Phenol sehr bedeutend an Wirkung. Unter diesen Umständen lag es natürlich nahe zu vermuthen, dass der Honig durch den „Gifttropfen“ vor der Fäulniss und Gährung bewahrt wird. — War diese Vermuthung zutreffend und war zugleich die Beobachtung, dass der Honig erst im letzten Momente vor der Bedeckelung mit Ameisensäure versehen wird, richtig, so musste der aus ungedeckelten Zellen entleerte Honig frei von Ameisensäure sein und beim Stehen an der Luft leicht verderben; dagegen musste der aus gedeckelten Zellen entfernte Honig Reaction auf Ameisensäure geben und beim Stehen an der Luft sich unverändert halten. Es musste ferner der aus ungedeckelten Zellen entfernte Honig, wenn man ihm künstlich Ameisensäure zufügte, zur Aufbewahrung geeignet werden; der aus gedeckelten Zellen entfernte Honig dagegen musste, wenn er durch Versetzen mit Wasser und darauf erfolgtes Eindampfen von Ameisensäure befreit war, leicht in Gährung übergehen.

In der That fand der Vortragende dieses durch zahlreiche Versuche bestätigt, die er in den Jahren 1883, 1884 und 1885 mit den allerverschiedensten Honigproben anstellte. Der aus ungedeckelten Zellen mit der Centrifugalmaschine („Honigschleuder“) entleerte Honig zeigte sich frei von Ameisensäure und ging beim Stehen nach kurzer Zeit in Gährung über. Wurde dem aus ungedeckelten Zellen entleerten Honig $^1/_{10}$ Procent Ameisensäure zugesetzt, so hielt er sich unverändert mehrere Jahre; er bekommt dadurch dieselbe Haltbarkeit wie der aus gedeckelten Zellen entleerte und schon durch die Bienen mit etwa $^1/_{10}$ Procent Ameisensäure versetzte Honig. Ebenso wie der aus ungedeckelten Zellen ausgeschleuderte Honig verhält sich Honig, aus dem man durch Wasserzusatz und darauf folgendes Einkochen die Ameisensäure ausgetrieben hat; es ist dieses ein Verfahren, welches in der Praxis zuweilen vorgenommen wird, um dem Honig seinen scharfen kratzenden Geschmack — eben den Geschmack nach Ameisensäure — zu benehmen; ein solcher Honigsyrup ist sehr wenig haltbar; dieses war bereits früher durch die Praxis erkannt. Ebenso war bereits früher bemerkt worden, dass, wenn Meth bereitet werden soll, der Honig erst durch Wasserzusatz und längeres Kochen in gährungsfähigen Zustand versetzt werden muss.

Ueber diese Versuche hat der Vortragende in der Eichstädter Bienen-

zeitung berichtet und dabei zugleich für die Praxis der Bienenzucht den Vorschlag gemacht, den Waben den Honig zu entnehmen, ehe die Zellen gedeckelt sind und diesen Honig durch Zusatz von künstlicher Ameisensäure haltbar zu machen. Die technischen Vortheile dieses Verfahrens liegen in der dadurch gegebenen Möglichkeit einer Vermehrung der Honigproduction. Da die Bienen nicht mehr wie sonst nöthig haben, die gefüllten Honigzellen mit einem Deckel zu versehen, so ersparen sie viel Zeit und Wachs, und sind in Folge davon im Stande, bedeutend mehr Honig einzutragen. Die praktische Ausführung des Verfahrens ist sehr billig und einfach; der Preis der Ameisensäure ($^1/_{10}$ Procent) beträgt etwa einen Pfennig pro Kilo; die Hinzufügung zum Honig geschieht mit einer Vollpipette.

Die energische antiseptische Wirkung der Ameisensäure lässt sich übrigens, wie in den Jahren 1884 und 1885 angestellte Versuche dem Vortragenden gezeigt haben, ebenso wie zur Conservirung des Honigs, auch anwenden, um eingemachte Früchte vor Gährung zu schützen. Erdbeeren, Johannisbeeren, Pflaumen, Sauerkirschen und Preisselbeeren halten sich, selbst wenn sie mit wenig Zucker eingekocht werden, lange Zeit unverändert; dieselben Früchte gingen, mit der gleichen Zuckermenge eingekocht, bald in Gährung über; doch wurde durch nachträglichen Zusatz von $^1/_{10}$ Procent Ameisensäure die Gährung sehr schnell sistirt.

Hr. C. Benda hält den angekündigten Vortrag: „Weitere Mittheilungen zur Spermatogenese der Säugethiere“.

Vortr. corrigirt zuerst sein voriges[1] Citat der Ansichten Merkel's, der nicht, wie Vortr. irrthümlich angegeben hatte, die Stützzellen des Samenkanälchens für Gebilde sui generis hält, sondern sie für genetisch gleichartig, und nur morphologisch und functionell von den Samenzellen verschieden erklärt. Somit unterscheidet sich Merkel's Anschauung von der des Vortr. nur dadurch, dass jener die active Betheiligung der Stützzellen bei der Samenbildung übersah. Sodann legt Vortr. eine Arbeit von Herbert H. Brown „On Spermatogenesis in the Rat“ (Quart. Journ. of Micr. Science, July 1885) vor, die er bei seinen früheren Mittheilungen übersehen hatte, nnd die ihm jetzt durch die Güte des Hrn. Geh. R. Waldeyer und Hrn. Dr. Biondi übermittelt wurde. In dieser Arbeit ist im Grossen und Ganzen der Entwickelungsgang der Samenelemente bei der Ratte in derselben Weise dargestellt, wie es vom Vortr. für die verschiedenen von ihm untersuchten Säugethiere geschehen. Zwar hält Brown noch an der Heterogeneität der Stützzellen fest, aber er hat ebenso wie Vortr. active Veränderungen in ihnen während der Phase, wo sie mit den Samenzellen in Verbindung treten, beobachtet. Er vermuthet auch die ernährende Function der Stützzellen. Wenn dem englischen Forscher demnach in diesen Punkten die Priorität gebührt, darf Vortr. andrerseits durch die Uebereinstimmung zweier unabhängiger Arbeiten die Grundlagen seiner Untersuchungen — diese Grundlagen hatte der vorige Vortrag hauptsächlich erst geben wollen — als gesichert betrachten.

Vortr. kommt nun zur Darstellung weiterer Punkte, die das vorige Mal nur erwähnt wurden. Merkel und auch noch Brown sprechen von einem gegen das Lumen des Samenkanälchens gerichteten, verzweigten, ausgebuchteten

[1] Diese Verhandlungen, oben S. 187.

Fortsatz der Stützzelle. Dieser soll mit den Samenzellen erst in Verbindung treten, nachdem sie bereits die ersten Umwandlungsstadien durchgemacht haben. Den Weg, auf dem sich die Verbindung einleitet, konnte Brown nicht erkennen, ausser dass er sah, dass die Stützzelle selbst Veränderungen dabei eingeht, und sich also activ betheiligt. Die Samenzellen sollen sich dann des Weiteren den Ausläufern nur anlegen, nicht mit ihm verschmelzen.

Die vergleichende Untersuchung der verschiedenen Säugethiere mit besseren Conservirungs- und Färbungsmethoden hat dem Vortr. ergeben, dass der eine Fortsatz der Basalzelle ein Kunstproduct ist. Derselbe entspricht einer Garbe äusserst feiner fädiger Fortsätze. Von diesen Fortsätzen tritt je einer an eine Samenzelle heran, während diese noch in Säulenform geordnet sind, und geht mit ihr eine feste Verbindung ein. Sobald die ersten Umwandlungserscheinungen an den Samenzellen zu Tage treten, ist auch die Verbindung mit einem Ausläuferfaden nachzuweisen, so dass wohl anzunehmen ist, dass eben diese Verbindung den Anstoss für die Umwandlung giebt. Im weiteren Verlauf des Processes werden die Samenzellen an ihrem Ausläuferfaden an die Garbe herangezogen, der sie sich an- und einschmiegen, ohne allerdings weiter mit ihr zu verschmelzen. Erst dieses Stadium entspricht also den Phaenomenen, die die Voruntersucher beobachteten. Der Körper der Basalzelle betheiligt sich bei den verschiedenen Thieren verschieden bei diesem Processe, am meisten und fast atypisch bei der Ratte, sodass es nicht angeht, das bei dieser Beobachtete auf die anderen Säuger zu übertragen. Es richtet sich nämlich, während die Ausläufer mit den Samenzellen in Verbindung treten, bei allen Säugethieren der Zellleib mit dem in ihm enthaltenen Kern etwas auf und streckt sich gegen das Lumen. Bei der Ratte geschieht dies aber in solchem Grade, dass der Kern zuweilen zu dieser Zeit bis weit zwischen die Tochterzellen wandert. Im nächsten Stadium retrahirt sich nun bei allen Thieren die Stützzelle mit den Ausläufern und den an diesen haftenden Samenzellen und legt sich der Wand in grösserer Ausdehnung an. Hierdurch erfolgt bei der Ratte eine so weitgehende Verlagerung der Samenzellen, dass diese oft bis an die Kanälchenwand wandern, was bei den anderen bisher untersuchten Säugern nie vorkommt.

Die ersten Veränderungen, die in den Samenzellen selbst nach dem Antreten des basalen Ausläufers erfolgen, sind in so charakteristischer Weise polarisirt. dass hierin ein weiteres Zeugniss für die hohe Bedeutung dieses Vorganges liegt. Die Samenzelle wird birnförmig, und zwar ist der spitze Pol anfänglich durchaus nicht immer der Kanälchenwand zugekehrt, wie das frühere Beobachter behaupteten, er entspricht vielmehr der Eintrittsstelle des Ausläufers, die auch seitlich liegen kann. Dann wandert der Kern gegen den spitzen Pol. Noch vordem er diesen erreicht hat, tritt an ihm, wie bei manchen Thieren, besonders beim Stier, deutlich zu beobachten ist, ein ebenfalls dem spitzen Pol genau zugerichtetes Chromatinkörperchen, der Spitzenknopf, hervor, ein Gebilde, welches durch diese Eigenschaften wohl eine gewisse Analogie mit dem Richtungskörperchen des Eies zeigt. Hat der Kern den spitzen Pol erreicht; so verlöthet sich der Spitzenknopf mit dem Ausläufer der Basalzelle. In die Löthstelle wird natürlich auch die Zellmembran der Samenzelle miteingeschlossen, die an dem freiwerdenden Spermatozoon später noch als Kopfkappe sichtbar werden kann. Der sogenannte Spitzenknopf des Meerschweinchens verhält sich etwas anders. Die hier dem Kern anliegende Granulation ist schon gleich nach der Entstehung der Samenzellen, bevor der Ausläufer herangetreten ist, vor-

handen. Sie ist viel grösser als sonst der Spitzenknopf und besteht nicht aus Chromatin. Auch ist sie an den jungen Samenzellen nicht orientirt. Erst wenn die Verbindung mit dem Ausläufer hergestellt ist, richtet sich auch sie gegen den spitzen Zellpol, und verhält sich von nun an wie der echte Spitzenknopf, der sonst beim Meerschweinchen nicht wahrzunehmen ist.

Die weitere Umwandlung der Samenzellen wurde vom Vortr. an einer Tafel demonstrirt und es ergab sich an den Schnittpraeparaten mancher neue Punkt gegenüber den früheren Autoren, die hauptsächlich an Zupfpraeparaten diese Frage verfolgten. Der Kern sondert sich, entsprechend den früheren Angaben, in einen chromatinhaltigen und einen chromatinlosen Theil. Ersterer wandelt sich in den Kopf um, in dem anderen Theil entsteht der Schwanz. Bei den meisten untersuchten Säugethieren ragt der chromatinhaltige Theil anfangs kuppelförmig in den chromatinlosen hinein. Diese Kuppel bildet sich in eine kurze Röhre um, aus der dann der Schwanz hervorwächst. Die Röhre sitzt dem Kopf wie ein Flaschenhals auf, über sie stülpt sich die chromatinlose Kernhälfte wie ein Glas, sodass das ganze zu einer gewissen Zeit bei den Thieren mit rundlichem Kopf, besonders beim Stier, einer Feldflasche ähnelt. Später verschmilzt die Röhre mit dem Kopf. Bei Ratte und Maus wächst der Schwanz direct aus dem Kopf in den chromatinlosen Theil hinein.

Die Praeparate vom Menschen, die Vortr. vorlegt, bestätigen bis jetzt die Angabe Merkel's, dass sich die Samenzellen hier einzeln mit Stützzellen in Verbindung setzen. Da sich aber doch stellenweis bis 3 oder 4 Spermatozoen an einer Stützzelle vorfindeu, hält Vortr. die Möglichkeit nicht für ganz ausgeschlossen, dass an Material, das mit den gleichen Cautelen wie thierisches gewonnen würde — wozu allerdings wenig Aussicht vorhanden — sich ausgeprägtere Gruppenbildung der Spermatozoen vorfinden könnte. Die Entwickelung des einzelnen Spermatozoen ähnelt der des Katers am meisten.

Hr. Gad hielt den angekündigten Vortrag: Ueber automatische und reflectorische Athemcentren.

Den Mittheilungen, welche ich zu machen habe, möchte ich einen Satz vorrausschicken, den ich dann versuchen will, annehmbar zu machen. Ich behaupte: Ebenso berechtigt wie wir sind, ein automatisches Inspirations-Centrum anzunehmen, ebensowenig Recht haben wir, von einem automatischen Exspirations-Centrum zu reden.

Es sei mir gestattet eine kurze Definition voraufzuschicken. Unter Athemcentren verstehen wir Partien des Central-Nervensystems, von denen aus den Athemmuskeln Erregungen zufliessen. Einer, wie es scheint durchgreifenden Regel entsprechend, nehmen wir an, dass die Athemmuskelnerven nahe vor ihrem Austritt aus dem Rückenmark in motorischen Ganglienzellen wurzeln. So erhalten wir eine Reihe von Ganglienzellengruppen im Rückenmark, die zu den Athemmuskeln gehörig, deren erste Projection im Centralnervensystem darstellen und die ich deshalb Athemmuskel-Centren nennen möchte, im Gegensatz zu den eigentlichen Athem-Centren, welche Projectionssystemen höherer Ordnung angehörig und höher, im verlängerten Mark oder Hirn gelegen, das geordnete Zusammenwirken der einzelnen Athemmuskeln zu zweckmässigen Athembewegungen beherschen. Da die Ausathmungsmuskeln ebenso wie ihre Antagonisten geordnet zusammenwirken, so werden wir Exspirations-Centren mit dem-

selben Recht anzunehmen haben wie Inspirationscentren. Beide Arten von Centren erhalten gewisse Erregungen, welche sie den Athemmuskeln zusenden, zweifellos auf centripetaler oder cerebromedullarer Bahn und sie dienen, indem sie solche auf dem Wege der Nervenleitung in sie hineingetragenen Erregungen, quantitativ und zeitlich abgemessen, den Athemmuskeln übermitteln, reflectorischen und willkürlichen Athembewegungen. Ebensowenig wie wir hieran zweifeln, ebensowenig glauben wir aber, dass solchen Vorgängen diejenigen regelmässigen Athembewegungen ihre Entstehung verdanken, welche den Gaswechsel für den gewöhnlichen Haushalt des Organismus bestreiten. Wir haben vielmehr guten Grund, anzunehmen, dass die hierfür erforderlichen Erregungen in Ganglienzellen selbst, die zu Athemcentren gehören, entstehen und zwar dadurch, dass diese Ganglienzellen mit besonderer Empfindlichkeit auf Aenderungen im Gasgehalt ihrer unmittelbaren Umgebung reagiren. Da der Gasgehalt der fixen Gewebe in hohem Grade von dem Gasgehalt des durchströmenden Blutes abhängt, so ist der gewöhnliche Ausdruck, jene Ganglienzellen würden durch den Blutreiz erregt, ebenso berechtigt wie verständlich.

Die an Ort und Stelle entstehenden nicht auf nervöser Leitungsbahn in die Centren hineingetragenen Erregungen hat man sich gewöhnt automatische zu nennen. So unzweckmässig dieser Ausdruck ist — denn von selbst entsteht doch nirgends eine Bewegung — und so sehr es sich empfehlen würde, im Gegensatz zu der reflectorischen und willkürlichen Erregung, statt von automatischer, von autochthoner zu reden, so werden wir doch den eingebürgerten Ausdruck festhalten können, wenn wir uns dabei nur der gegebenen Definition erinnern.

In dem vorangestellten Satz behaupte ich also, dass Ganglienzellen mit der genügenden Empfindlichkeit gegen den normalen Blutreiz nur in Inspirations-Centren und nicht in Exspirations-Centren vorkommen.

Die Berechtigung zu dieser Behauptung entnehme ich der durch mehrjährige experimentelle Erfahrung befestigten Ueberzeugung, dass jede Dyspnoë, die durch Verschlechterung der Lüftung der Medulla oblongata entsteht, sich unter überwiegender Vermehrung der Inspirations-Anstrengung entwickelt. Beginnender Lufthunger (*πνευματόρηξις*) vertieft, von Athemzug zu Athemzug, die Inspiration und führt, da die Ergiebigkeit der dazwischen liegenden Athmungen nicht in demselben Maass wächst, zu periodisch und constant vermehrter Entfernung des Thorax aus der Gleichgewichtslage in inspiratorischem Sinne. Die Vermehrung der inspiratorischen Anstrengung bei pneumatorektischer Dyspnoë ist also ganz zweifellos. Ob damit Steigerung exspiratorischer Anstrengungen Hand in Hand geht, ist schwer zu entscheiden. In Abrede stellen will ich sie nicht, doch ist sicher jede einzelne Exspirations-Anstrengung kleiner als die unmittelbar voraufgehende inspiratorische, so dass man die in ersterer enthaltene Steigerung als reflectorischen Effect der vermehrten Lungendehnung (Hering-Breuer) auffassen kann und keine Veranlassung hat, eine directe Erregung exspiratorischer Centren durch den Blutreiz anzunehmen.

Was die experimentelle Unterlage für den ausgesprochenen Satz betrifft, so glaube ich alle Mittel, pneumatorektische Dyspnoë zu erzeugen, genügend durchprobirt zu haben. Die einfachste Art, ein Thier lufthungrig zu machen, besteht darin, dass man die Einathmungsluft durch die Ausathmungsluft verschlechtert, was man, ohne mechanische Athemstörungen zu setzen, dadurch erreichen kann, dass man das Thier durch ein langes Rohr athmen lässt. Curven

derartiger „Rohr-Dyspnoë", welche typisch für die Pneumatorexis sind, habe ich wiederholt mitgetheilt.[1] Sie entsprechen durchaus der obigen Schilderung.

Aber nur technisch kann man das genannte luftverderbende (aërophthorische) Mittel als einfach bezeichnen, der Erfolg ist noch zusammengesetzt und man muss auf anderem Wege zwischen Luftverderbniss durch Kohlensäureanhäufung und Sauerstoffverminderung unterscheiden. Bernstein[2] hat bekanntlich vor drei Jahren den gesonderten Einfluss dieser beiden aërophthorischen Momente auf die Form der Dyspnoë untersucht und er ist zu dem Resultat gekommen, dass sie sich in ihrer Wirkung wesentlich von einander unterscheiden, derart, dass Sauerstoffmangel das Inspirations-Centrum, Kohlensäureanhäufung dagegen das Exspirations-Centrum errege, ein Unterschied, der nach Vagusdurchschneidung deutlich in die Erscheinung treten soll. Ich kann diese Angaben Bernstein's auf Grund meiner eigenen Erfahrungen nicht bestätigen, beide aërophthorische Mittel habe ich ausnahmslos vor wie nach Vagusdurchschneidung inspiratorische Dyspnoë erzeugen sehen.

Ehe ich auf die Begründung meiner Erfahrungen, denjenigen Bernstein's gegenüber, ausführlich eingehe, will ich noch anführen, dass ich als Mittel, Lufthunger zu erzeugen auch ergiebigen Aderlass und Verengerung der Luftwege erprobt habe. Die haemorrhagische Dyspnoë ist von Hrn. Holovtschiner unter meiner Leitung genauer studirt worden. Die erlangten Resultate bieten an sich so viel Interessantes, dass ich sie zum Gegenstand einer gesonderten Mittheilung zu machen gedenke. Hier sei nur noch ausdrücklich hervorgehoben, dass als erste Folge plötzlicher Haemorrhagie, auf Seiten der Athmung ausnahmslos inspiratorische Dyspnoë von dem Charakter der „Rohr-Dyspnoë" zu beobachten war. Bei der Tracheostenose liegen die Verhältnisse etwas verwickelter insofern als sich gleich von Anfang an gewisse Reflexe einmischen. Zweifellos wächst aber auch hierbei im Beginn des zunehmenden Lufthungers die inspiratorische Anstrengung in hervorragender Weise.

Die bisherigen Angaben beziehen sich auf das Kaninchen, aber davon, dass die gemischt aërophthorische Dyspnoë auch beim Menschen rein den Charakter der „Rohr-Dyspnoe" trägt, habe ich mich in einer grossen Zahl von Fällen mit guten Methoden überzeugen können.

Was nun die einseitige CO_2- bez. O-Dyspnoë anlangt, so habe ich schon in Würzburg bald nach dem Erscheinen von Bernstein's Arbeit eine Nachuntersuchung angestellt. Ich war mit der experimentellen Kritik der von mir angewandten Methode vollkommen fertig, hatte auch schon eine Anzahl entscheidender Resultate gewonnen und es fehlten mir nur noch einige Zwischenglieder in der Experimental-Reihe als ich durch äussere Umstände in der Arbeit unterbrochen und für längere Zeit an ihrer Wiederaufnahme verhindert wurde.

Im Beginn des letzten Sommersemesters hat sich Hr. Marcuse auf meinen Vorschlag und unter meiner Leitung mit der Frage befasst. Er hatte sich bald in die Methoden eingearbeitet, wurde aber ebenfalls in Fortführung der Arbeit unterbrochen, ehe er ihr die in meinen Augen wünschenswerthe Abrundung hatte

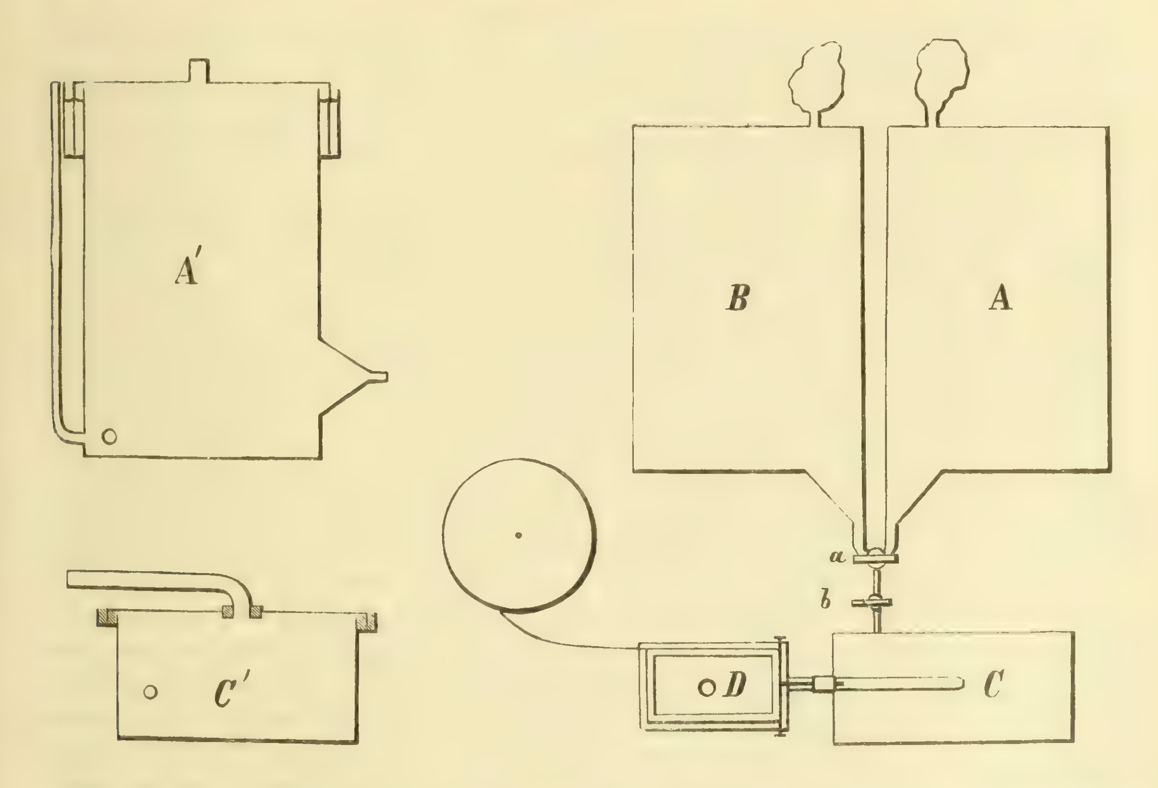
---

[1] J. Gad, Die Regelung der normalen Athmung. *Dies Archiv*, 1880. S. 1. Curve Nr. 11; — P. v. Mertschinsky, Beitrag zur Wärme-Dyspnoë. *Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg.* N. F. XVI, Curve II.

[2] J. Bernstein, Ueber die Einwirkung der Kohlensäure des Blutes auf das Athemcentrum. *Dies Archiv*, 1882. S. 313.

geben können. Dies hat nun in dem laufenden Semesters Hr. M. Rosenthal erreicht, welcher eine genaue Beschreibung der angewandten Methoden und Curvenbelege in seiner Doctor-Dissertation, die wohl auch in diesem Archiv abgedruckt werden dürfte, veröffentlichen wird.

Ich hatte zwei Blechkästen von je 70 Liter Inhalt mit Wasserverschlussdeckeln anfertigen lassen. Ihre wesentliche Form geht aus beigegebener Skizze hervor, in welcher *A*, *B* den horizontalen Durchschnitt und die Zusammenordnung *A'* den verticalen Durchschnitt darstellen. Die beiden, nahe dem Boden befindlichen halbconischen Ansätze enden in Tubulaturen, die durch einen Dreiweghahn *a* verkuppelt werden. An den freien Tubulus von *a* schliesst ein anderer Dreiweghahn *b* an, dessen zweiter Schenkel freigelassen wird und dessen dritter zur Verbindung mit der Tracheal-Canüle bestimmt ist. Das Kaninchen sitzt, gut mit Kopfhalter und Beinschlingen befestigt, in einem kleineren Blechkasten *C*, durch dessen eine Wand ein die Verbindung zwischen Tracheal-Canüle und Dreiweghahn *b* vermittelndes Rohr führt und dessen Deckel in eine Rinne mit Glycerin-Thon luftdicht eingefügt werden kann. Durch den Deckel führt ein weites Rohr, welches zur Verbindung mit einem Volumschreiber *D* bestimmt ist.



Für einen entscheidenden Versuch ist der Behälter A mit atmosphaerischer Luft, der Behälter B mit einem Gemenge aus 26 Procent CO_2, 21 Procent O und 53 Procent N gefüllt, Hahn *b* steht so, dass das Thier durch das freie Rohr athmet, Hahn *a* so, dass die Communication von *a* nach *A* offen ist. Bei Athmung des Thieres aus freier Luft wird eine Athemvolum-Curve aufgenommen, in welcher die Erhebungen den Inspirationen entsprechen und deren Mittellinie horizontal vorläuft, wenn man die Herstellung eines stationären Wärmezustandes abgewartet hatte. Während eine normale Athem-Curve sich

aufzeichnet, wird durch eine schnelle Drehung des Hahnes *b* dafür gesorgt, dass das Thier anstatt aus freier Luft aus dem mit Luft gefüllten Behälter *A* athmet. Hierdurch wird die Athem-Curve nicht geändert, woraus zu schliessen ist, dass bei der Veränderung der Bedingungen kein mechanisches Athemhinderniss gesetzt ist. Dass das in der That nicht geschieht, ist hauptsächlich dem Kunstgriff zu danken, dass an einer Tubulatur des Gasbehälters ein wenig gefüllter, kleiner, dünnwandiger Kautschukbehälter befestigt ist, so dass das Gas im Behälter in jedem Moment unter Atmosphaerendruck steht.

Durch eine schnelle Drehung des Hahnes *a* stellt man nun die Verbindung der Trachea mit dem Behälter *B* her, so dass das Thier, statt aus *A* Luft, aus *B* das Kohlensäuregemisch athmet. Es ist keine plötzliche Aenderung der Athmung zu bemerken, aber von Athemzug zu Athemzug nehmen die Inspirationen an Tiefe zu und die die Exspirationskuppen verbindende Linie steigt ebenfalls in inspiratorischem Sinne. Die Athemfrequenz ändert sich nicht wesentlich. Dies Resultat ist ganz ausnahmslos stets dasselbe gewesen, sowohl in meiner Versuchsreihe, als auch in der des Hrn. Marcuse und des Hrn. M. Rosenthal und zwar sowohl vor wie nach doppelseitiger Vagusdurchschneidung.

Beim Vergleich der von mir angewandten Methode mit der von Bernstein benutzten glaube ich von derjenigen ganz absehen zu dürfen, bei welcher er nach dem Vorgange von Ceradini und Rosenthal die intrathorakalen Druckänderungen durch Vermittelung eines in den Oesophagus eingeführten Kautschuckbeutels aufzuschreiben beabsichtigt hat. Er selbst kritisirt die Methode durch Hervorhebung des Uebelstandes, dass man des Verschlusses der Cardia nie sicher ist und dass durch Aenderungen des Luftgehaltes in dem durch den Beutel nach oben abgeschlossenen Theil des Oesophagus Fehler entstehen können. Die andere Methode Bernstein's hat mit der meinigen Aehnlichkeit, doch glaube ich mich folgender Vortheile erfreuen zu dürfen. Meine Thiere athmeten nicht nur nicht durch Ventile[1], sondern die Abwesenheit jeglichen mechanischen Athemhindernisses wurde auch experimentell constatirt, mein Registrir-Apparat (Athem-Volumschreiber) befindet sich in jeder Stellung in indifferentem Gleichgewicht, während Marey's Luft-Kapseln, die Bernstein anwandte, eine bestimmte elastische Gleichgewichtslage besitzen und ihre Empfindlichkeit je nach der Entfernung aus dieser Gleichgewichtslage verschieden ist. Schliesslich war ich in der Lage, meine Versuche so auszuführen, dass sich die Dyspnoë bei ununterbrochener Registrirung der Athmung entwickelte, was in Bernstein's Experimenten, wenn überhaupt, nur ausnahmsweise der Fall gewesen sein kann. Auf den letzten Punkt lege ich ganz besonderes Gewicht, denn aus dem Beginn der Dyspnoë werden wir am meisten lernen können, wenn wir erfahren wollen, worauf die Dyspnoë erregende Ursache in erster Linie wirkt. Was bei Beginn der Dyspnoë in vermehrte Thätigkeit geräth, das wird auch durch den normalen Blutreiz in Thätigkeit gehalten werden.

In der That treten in späteren Stadien jeder pneumatorektischen Dyspnoë

---

[1] Das Bedenken, welches Bernstein a. a. O. S. 314 gegen das Ein- und Ausathmen in denselben Luftbehälter erhoben hat, wird ganz hinfällig, wenn man beachtet, dass ein Kaninchen in der Stunde höchstens 700 ^{ccm} CO_2 producirt, meine Behälter 70000 ^{ccm} fassen und das Entscheidende des Versuchs sich in einem Bruchtheil einer Minute abspielt.

Erscheinungen auf, welche man beim ersten Zusehen als allmähliches Zunehmen exspiratorischer Anstrengungen deuten könnte. Die anfangs in inspiratorischem Sinne abgelenkte Verbindungslinie der Exspirationskuppen kehrt zur Horizontalen zurück oder geht wohl auch etwas darüber hinaus, nach der exspiratorischen Seite hin. Aber abgesehen davon, dass ich auf die späteren Stadien der Dyspnoë in diesem Zusammenhange kein Gewicht zu legen brauche und dass in allen von mir und meinen Schülern beobachteten Fällen, speciell auch der CO_2-Dyspnoë nach Vagusdurchschneidung, in jenen späteren Stadien die Inspiration immer noch beträchtlich mehr vertieft war als die Exspiration, so ist die Abnahme der inspiratorischen Ablenkung der Athemcurve gewiss anders zu deuten als durch Zunahme von Exspirations-Anstrengungen.

Der Schlüssel zu der richtigen Deutung dürfte in den Erscheinungen liegen, welche auf Seiten der Athmung bei Anstellung des Kussmaul-Tenner'schen Versuches zu beobachten sind. Die Unterbindung von drei Schlagadern des Kopfes vertragen Kaninchen, ohne mit der Athmung auch nur im Geringsten darauf zu reagiren. Verschliesst man aber auch noch die vierte plötzlich, so tritt schnell heftige Dyspnoë ein, deren Erscheinungsweise aber ganz anders ist als nach Anwendung der vorgenannten pneumatorektischen Mittel.

Die Abweichung der vertieften Athmung findet sofort in exspiratorischem Sinne statt, es entwickeln sich Athempausen in Exspirationsstellung, diese Pausen nehmen an Dauer zu und während derselben sind die Bauchdecken — ausser zur Zeit allgemeiner Krämpfe — schlaff. Unter dieser synkoptischen Athmung, bei schneller Abnahme der Tiefe der Athemzüge und Zunahme der Pausendauer stirbt das Thier. Nach dem letzten, ganz flachen Athemzuge sind alle der Beobachtung zugänglichen Muskeln, speciell auch die des Bauches, ganz schlaff, der Thorax scheint seine Gleichgewichtsfigur, die ihm nach Aufhören jeglichen Muskelzuges zukommt, angenommen zu haben und der Volumschreiber zeichnet eine, dieser Gleichgewichtslage des Thorax entsprechende Horizontale, die mit den tiefsten Exspirationen der synkoptischen Athmung zusammenfällt und von welcher die Zeichnung der normalen, den Verschluss der letzten Ader voraufgehenden Athmung weit in inspiratorischem Sinne entfernt liegt. Bei dieser Athmung war also auch am Ende der einzelnen Exspirationen noch eine beträchtliche Inspirations-Anstrengung übrig gewesen[1] und die Athemcurve konnte in exspiratorischem Sinne ohne Zunahme der Exspirations-Anstrengung abweichen einfach wegen der schnell durch die plötzliche Haemostase in der Medulla oblongata herbeigeführten Erlahmung des Inspirations-Centrums.

Da es ganz allgemein zu gelten scheint, dass die gewöhnliche Athmung bei dauernd starker Erweiterung des Thorax über die Gleichgewichtslage hinaus stattfindet, indem sich, wie ich es früher ausgedrückt habe, ein Tetanus der Inspirationsmuskeln von rhythmisch schwankender Intensität einem solchen von constanter Intensität superponirt, so ist eine Abweichung der Athemcurve in exspiratorischem Sinne bei allen Ermüdungen des Athem-Apparates, also auch in den späteren Stadien jeglicher Dyspnoë zu erwarten, und es ist mir sehr wahrscheinlich, dass sich Bernstein durch solche nach CO_2-Athmung und Vagusdurchschneidung stärker auftretende Ermüdungserscheinungen hat verleiten

[1] Vgl. J. Gad, Ueber Apnoë und über die in der Lehre von der Regulirung der normalen Athmung angewandte Terminologie. *Zwei Habilitations-Vorlesungen.* Würzburg 1880. S. 25.

lassen, eine Vermehrung der Exspirations-Anstrengungen anzunehmen und daraus zu schliessen, dass CO_2 nur das Exspirations-Centrum errege.

Auf Grund meiner Erfahrungen glaube ich also ganz allgemein behaupten zu dürfen, dass jede pneumatorektische Dyspnoë inspiratorisch beginnt. Eine Ausnahme tritt nur dann ein, wenn die dyspnoë-erregende Ursache sofort bei Beginn ihrer Einwirkung die Athem-Centren stark schädigt wie es die plötzliche Haemostase in der Medulla oblongata (Kussmaul-Tenner) thut. Alle aërophthorische Dyspnoëen, die gemischte sowohl, wie beide einseitigen, vor und nach Vagusdurchschneidung fügen sich unter die aufgestellte Regel, ebenso die haemorrhagische und die tracheostenotische Dyspnoë.

Was die einseitigen aërophthorischen Dyspnoëen durch CO_2-Anhäufung und O-Mangel anlangt, so bestehen je nach dem Grade der Abweichung des geathmeten Gasgemisches von der Norm einige quantitative Unterschiede, welche der Beachtung werth sind.

Berns hatte bei einer unter der Leitung von Donders angestellten Versuchsreihe beobachtet,[1] dass wenn er tracheotomirte Kaninchen reine Kohlensäure einathmen liess, gleich der erste Inspirationszug stark vertieft war. Er nannte die sofort eintretende Wirkung die primäre, im Gegensatz zu der, sich sonst allmählich entwickelnden secundären Dyspnoë und betrachtete die primäre Wirkung als reflectorisch, die secundäre als den Erfolg der Einwirkung des veränderten Blutes auf die Centren selbst. Knoll hatte die Angaben von Berns über die primäre Wirkung reiner Kohlensäure nicht bestätigen können,[2] Hr. M. Rosenthal ist aber zu Resultaten gekommen, welche mit den unter Donder's Leitung gewonnenen übereinstimmen.

Des grossen Luftbehälters konnten wir bei diesen Versuchen entrathen, da ein Athemzug aus concentrirter Kohlensäure genügt um das Phaenomen hervorzurufen. Es wurde also ein dünnwandiger Kautschukbeutel, mit reiner Kohlensäure spannungslos gefüllt und statt des Hahnes a mit dem Hahn b verbunden, der zunächst auf Luftathmung gestellt war. Die Kohlensäure wurde einem Gasstrom entnommen, der durch Aufgiessen von Salzsäure auf Marmor erzeugt war und der durch vorgelegtes Wasser gereinigt schon längere Zeit eine starke Silberlösung passirt hatte, ohne darin die geringste Trübung zu hinterlassen. An dem Hahn b war eine Vorrichtung angebracht, welche gestattete, den Moment der Hahndrehung, durch Vermittelung eines Elektromagnetes, und der Athem-Curve zu markiren. Bei erhaltenen Vagis ist gleich die erste Inspiration, welche dieser Marke folgt, ausnahmslos sehr beträchtlich vertieft und es schliesst sich unmittelbar hieran, selbst wenn nur ein einziger Athemzug aus der reinen Kohlensäure gestattet wird, eine hochgradige inspiratorische Dyspnoë, in welcher die verstärkte Abweichung der ganzen Athem-Curve in inspiratorischer Richtung besonders auffallend ist. Nach Durchschneidung beider Vagi ist die secundäre Wirkung in gleichem Sinne ganz deutlich, die primäre zweifelhaft. Ist der Kautschukbeutel mit Luft oder auch mit reinem Wasserstoff statt mit reiner CO_2 gefüllt, so ist die Drehung des Hahnes von keinem Einfluss auf die Athem-Curve, wenn schon nach wenigen

---

[1] Berns, Over den invloed van verschillende Gassen op de Adembeweging. *Onderzoekingen gedaan in hed Physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool.* Tweede Reeks III. S. 76.

[2] Knoll, *Wiener Sitzungsberichte,* Bd. LXVIII, Abth. 3.

Athemzügen die Rückdrehung erfolgt, sonst entwickelt sich natürlich allmählich Dyspnoë. Auf eine Deutung dieser Erscheinungen glaube ich hier nicht eingehen zu sollen, da sie zu dem von mir aufgestellten Satz in keiner unmittelbaren Beziehung zu stehen scheinen. Ich musste ihrer aber als thatsächlich von Hrn. M. Rosenthal constatirt, an dieser Stellung Erwähnung thun.

In näherem Zusammenhang mit meinem Thema steht die von mir und meinen Schülern, in Uebereinstimmung mit früheren Beobachtern, wiederholt constatirte Thatsache, dass bei geringen Abweichungen der Einathmungsluft von der Norm der gleiche procentische Kohlensäureüberschuss stärker dyspnoëerregend wirkt, als der entsprechende Sauerstoffmangel. So wirken 3 Procent CO_2 schon sicher und schnell verstärkend auf die Inspiration, während bei 17 bis 18 Procent O der Erfolg zweifelhaft ist. Hieraus darf man freilich nicht schliessen, dass CO_2-Anhäufung specifisch ein stärkerer Reiz für das Inspirations-Centrum sei, wie O-Mangel, denn die Bedingungen für die Aufnahme von O durch das Blut, sind bei einem O-Gehalt der Einathmungsluft von 17 Procent weit günstiger als die Bedingungen für die Abgabe CO_2 bei einem CO_2-Gehalt von 3 Procent. Immerhin geht aber daraus hervor, dass beim Athmen aus beschränktem Luftraum, wo CO_2-Anhäufung und O-Verarmung — bis auf den durch den respiratorischen Quotienten bedingten Unterschied — sich decken, die Dyspnoë thatsächlich durch die Kohlensäure hervorgerufen wird. Was aber in diesem Falle Dyspnoë erzeugt, wird auch die normale Athmung unterhalten, deren Ursache doch eine gleichartige Luftverderbniss in den Lungenalveolen ist. Dass das Inspirations-Centrum auf die Reaction gegen Kohlensäure ganz besonders eingeübt ist, wird auch dadurch sehr wahrscheinlich, dass bei der am häufigsten im normalen Leben vorkommenden Veranlassung zur Dyspnoë, bei vermehrter Muskel-Anstrengung, die CO_2-Production dem O-Verbrauch vorauseilt.

Dass geringe Grade von O-Mangel im Blut von keinem Einfluss auf die Athemthätigkeit sind, wird man als bewiesen ansehen dürfen, wenn constatirt ist, dass bei Abnahme des Sauerstoffs in der Einathmungsluft die Sauerstoff-Aufnahme eher leidet, ehe Dyspnoë eintritt. Dies scheint in der That der Fall zu sein, denn Kempner[1] fand bei kleinen Säugethieren die Sauerstoffaufnahme schon bei einem Sauerstoffgehalt der Einathmungsluft von 17 Procent vermindert. Hieraus allein schliesst er schon mit einigem Recht, dass Dyspnoë nicht eingetreten sei, denn eine solche würde wohl die Bedingungen für die O-Aufnahme verbessert und die Verarmung der Einathmungsluft an Sauerstoff für das Blut compensirt haben. Auch nach unseren Erfahrungen ist bei 17 Procent O noch keine Dyspnoë zu erwarten. Nichtsdestoweniger müssten Versuchsreihen mit gleichzeitiger Ueberwachung der O-Aufnahme und der Athemform vorliegen, ehe man die angedeutete Schlussfolgerung endgiltig ziehen dürfte.

Zweifellos scheint mir also festgestellt zu sein, dass Aenderungen im Gasgehalt des Blutes, soweit sie in die Breite physiologischen Geschehens fallen, erregend nur auf die Inspirations- und nicht auf die Exspirations-Centren wirken. Bei normaler Athmung und bei beginnender pneumatorektischer Dyspnoë kommen die Inspirationen auf diese Weise zu Stande, die Exspirationen, soweit sie nicht

---

[1] G. Kempner, Ueber den Einfluss mässiger Sauerstoffverarmung der Einathmungsluft auf den Sauerstoffverbrauch der Warmblüter. Virchow's *Archiv*, LXXXIX, S. 220.

rein passiv sind, reflectorisch von den bei der Lungendehnung gereizten Vagus-Endigungen aus. In dieser Einsicht dürften wir uns nicht irre machen lassen, wenn sich zeigen sollte, dass bei sehr starken Abweichungen der Blutgase von der Norm auch active Exspirationen durch Erregung der Centren ausgelöst werden können, denn schliesslich sind alle Ganglien durch den genügend gesteigerten Blutreiz zu erregen, wie dies die allgemeinen Kämpfe bei der Erstickung und beim Kussmaul-Tenner'schen Versuch zeigen.

Sehr wahrscheinlich ist mir ferner, dass das, was die normalen Inspirationsbewegungen auslöst und was die Athmung innerhalb der Breite des Normalen dem vermehrten Bedürfniss des Organismus an Gaswechsel anpasst, ausschliesslich die Kohlensäure ist.[1]

Zum Schluss kann ich es mir nicht versagen, dies Resultat, zu dem meine Versuche und Betrachtungen geführt haben, als ein erfreuliches zu bezeichnen gegenüber der Aufstellung Bernstein's, dass die Kohlensäure das Exspirations-Centrum, der Sauerstoffmangel dagegen das Inspirations-Centrum anrege. Wer Anlass hat, sich über die centralen Processe bei der Athmung den Kopf zu zerbrechen, wird die Schwierigkeiten zu würdigen wissen, welche sich dem Verständniss entgegenstellen würden, wenn Bernstein's Satz richtig wäre. Stützten ihn genügende Thatsachen, so müssten wir uns natürlich mit ihm einrichten, doch darf es uns, glaube ich, freuen, wenn wir Grund finden anzunehmen, dass die Dinge sich thatsächlich einfacher verhalten.

---

[1] Vgl. hierzu F. Miescher-Rüsch, Bemerkungen zur Lehre von den Athembewegungen. *Dies Archiv*, 1885. S. 573.

Ueber intravasculäre Gerinnungen.

Von

Dr. L. C. Wooldridge
in Guy's Hospital, London.

Vorläufige Mittheilung.

Ich beabsichtige in Folgendem eine kurze Beschreibung eines Stoffes zu geben, welcher, in den Kreislauf eingebracht, ein Thier fast momentan tödtet, indem es das ganze Blut zur Gerinnung bringt. Ich verstehe unter Gerinnung Faserstoffgerinnung.

Dieser Stoff ist ein Gemisch oder vielleicht eine Verbindung von Eiweiss und Lecithin. Er giebt alle Eiweissreactionen und enthält viel Lecithin.

In grosser Quantität kann man ihn aus den Hoden und der Thymus junger Thiere, namentlich der Kälber, darstellen und zwar auf folgende Weise.

Das Organ wird fein zerhackt, mit Wasser gemischst, der Brei einige Stunden stehen gelassen und dann centrifugirt bis kein Bodensatz mehr sich bildet. Es wird dann die Flüssigkeit mit Essigsäure stark sauer gemacht, wodurch ein voluminöser flockiger Niederschlag entsteht, welcher mit Wasser mittels der Centrifuge gut ausgewaschen wird.

Dieser Niederschlag löst sich leicht in sehr verdünntem kohlensauren Natron und wenn man diese Lösung in die Jugularvene eines Thieres (Hund, Katze, Kaninchen) einspritzt, so tritt der Tod in kürzester Zeit ein und bei der gleich darauf folgenden Section findet man das ganze Gefässsystem mit Thromben erfüllt. Um aber diesen Erfolg zu erlangen muss eine gewisse Quantität der Substanz angewendet werden, denn die Wirkung ist proportional der eingespritzten Menge. Um einen mittelgrossen Hund sicher zu tödten braucht man etwa $1 \cdot 5^{\text{grm}}$ der Substanz. Wenn man eine kleine Quantität einspritzt, so tritt eine beschränkte Thrombose ein und das Blut, welches man nach der Einspritzung aus der Carotis gewinnt, ist nicht spontan gerinnbar. Es bleibt eben so lange flüssig, wie nach Peptoneinspritzung

Es gerinnt aber sehr leicht, wenn man mehr von dem eingespritzten Stoff zusetzt, oder wenn man Lecithin für sich hinzusetzt.

Ich bin der Ansicht, dass das wirksame Agens in dem Essigsäureniederschlag eine Lecithin-Eiweiss-Verbindung ist und zwar aus folgenden Gründen:

1. Der Niederschlag übt nicht die kleinste Wirkung auf verdünntes Magnesium-Sulphat-Plasma aus, enthält also kein Fibrinferment. Das Blut, welches nach der Einspritzung abgenommen wird, enthält auch nur eine minimale Spur Fibrinferment.

2. Der Niederschlag ist frisch gefällt in verdünnter Salzsäure löslich, durch Neutralisation ausgefällt, behält er vollkommen seine Eigenschaften bei. Setzt man aber zu der salzsauren Lösung etwas Pepsin hinzu und lässt sie einige Zeit bei 37° stehen, so tritt eine flockige Fällung ein. Wird die verdaute Substanz neutralisirt und dem Thiere eingespritzt, so zeigt sich, dass der Stoff seine Wirkung vollständig verloren hat.

Ich bemerke, dass dieses Resultat nicht von einer Beimischung von Pepsin und Pepton abhängig sein kann, denn wenn zu dem Verdauungsgemische etwas unverdauter Niederschlag zugesetzt und das Ganze eingespritzt wird, so tritt der Tod ein mit den gewöhnlichen Erscheinungen. Durch die Pepsinverdauung ist eine Spaltung eingetreten, und wenn diese geschehen ist, ist der Niederschlag nicht mehr wirksam.

3. Wenn man den Niederschlag mit Alkohol behandelt und dann mit Aether auszieht, wird der grösste Theil des Lecithins entfernt. Der Stoff ist immer noch in verdünnten Alkalien löslich. Wenn man die Lösung einspritzt (und um sicher zu sein, habe ich sehr grosse Quantitäten angewendet) so tritt keine intravasculäre Gerinnung ein, wohl aber eine Verlangsamung der Gerinnung in dem abgenommenen Blut, die sehr beträchtlich sein kann. Eine darauffolgende Einspritzung von Lecithin selber ist von keinem deutlichen Erfolg begleitet.

Ich werde nur noch über die Verbreitung dieses Stoffes etwas hinzufügen.

In dem Safte der Lymphdrüsen ist er fertig vorhanden. Wenn man dieselben zerkleinert, mit 0·6 Procent Kochsalz auspresst und dann centrifugirt, so fallen die Leucocythen zu Boden; die überstehende, völlig zellenfreie Flüssigkeit bewirkt bei Einspritzung ausgedehnte intravasculäre Gerinnungen und mittelst Essigsäure kann man den oben beschriebenen Stoff ausfällen. Die Einspritzung der gewaschenen Leucocythen ist erfolglos, eine Beobachtung, die ich schon früher gemacht und jetzt in Anbetracht der Angaben von Groth wiederholt habe.

Die Stromata der rothen Blutkörperchen des Säugethierblutes enthalten eine ähnliche Substanz und wirken ganz identisch.

Ich habe nach der von mir beschriebenen[1] Methode Stromata aus Hundeblut rein dargestellt, d. h. frei von Serumbestandtheilen und von weissen Zellen. Diese Stromata in schwacher Na_2CO_3-Lösung gelöst und Kaninchen eingespritzt, haben jedesmal tödtlich gewirkt unter Bildung von ausgedehnten Thrombosen. Dagegen war die Einspritzung von starken Haemoglobinlösungen wirkungslos. Es ist eine bekannte Sache, dass auf die Einspritzung von lackfarbigem Blut oft intravasculäre Gerinnungen folgen, eine Wirkung, die man bisher dem Haemoglobin zugeschrieben hat. Gegenüber Salzsäure und Pepsin zeigen die Stromata dieselben Reactionen wie der obige Essigsäureniederschlag und sie enthalten ausser Eiweissstoffen viel Lecithin.

Ich muss noch einmal bemerken, dass diese Mittheilung nur eine vorläufige ist. In Kurzem hoffe ich ausführlichere Mittheilungen über die Blutgerinnung geben zu können.

---

[1] Zur Chemie der Blutkörperchen. *Dies Archiv.* 1881.

Die Milchsäure des Blutes und ihre Ursprungsstätten.

Von

Dr. G. Gaglio.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Aus dem Blute, welches durch die Niere eines kurz vorher getödteten Thieres geleitet worden war, hatte schon vor Jahren Hr. Prof. Drechsel eine merkliche Menge von Milchsäure dargestellt. Ob hier ein zufälliges oder ein gesetzmässiges Ereigniss vorlag, war die Frage, deren Beantwortung mir zur Aufgabe gestellt wurde.

Den Untersuchungen zeichnete sich von selbst folgender Gang vor. Zuerst musste ein Theil des zur künstlichen Durchleitung bestimmten Blutes auf einen etwaigen Gehalt an Milchsäure geprüft und ein anderer Theil durch ein Organ geleitet werden, welches möglichst bald nach dem Tode des Thieres zum Versuche vorbereitet war. Fand sich in dem durch das überlebende Organ geflossenen Blute mehr Milchsäure als in der ersten Theilmenge desselben nachgewiesen war, so musste nun ermittelt werden, ob die Milchsäure zu den regelmässigen Bestandtheilen des Organs gehörte, durch welches das Blut geführt worden war. Je nach dem Befund war auf das Auswaschen einer vorher vorhandenen Menge von Milchsäure oder auf die Neubildung derselben zu schliessen. Als eine wohlzubeachtende Vorsicht musste es gelten, Blut und Organ Thieren zu entnehmen, welche mehrere Tage hindurch im Stall geruht hatten, seit es durch die Versuche von Spiro festgestellt war, dass sich das Blut infolge kräftiger Muskelbewegungen mit Milchsäure belädt.

Analytische Methode. — Zum Ausziehen der Milchsäure aus dem geschlagenen und abgeseihten Blute diente das folgende Verfahren. Unter

stetigem Umrühren wird das Blut, ganz allmählich mit dem fünffachen seines Volums an 95 procentigem Alkohol versetzt, 24 Stunden hindurch ruhig hingestellt, wonach sich die feinflockigen Gerinnsel zu Boden gesetzt haben und dann von diesen der Alkohol mit Hülfe der Wasserluftpumpe abfiltrirt. Der vom Filter genommene, eben noch feuchte Rückstand wird in einen Kolben übergeführt, dort mit einer grösseren Menge heissen Alkohols geschüttelt und auch dieser abfiltrirt. Nachdem die zuletzt genannte Operation noch zweimal wiederholt ist, werden die filtrirten Flüssigkeiten vereinigt, der Alkohol abdestillirt und die zurückbleibende Lösung auf dem Wasserbade bis nahe zur Trockenheit verdampft. Der verbliebene Rückstand wird mit wenig Wasser aufgenommen, dann so lange und mehrfach wiederholt mit reinem Aether geschüttelt, bis eine abgegossene Probe desselben beim Verdampfen keine Spur von Rückstand mehr hinterlässt.

Hierauf wird die wässerige Flüssigkeit, nachdem sie mittels des Scheidetrichters von Prof. Drechsel vom Aether getrennt ist, mit einer mässigen Menge von Schwefelsäure, dann mit dem doppelten ihres Volums an Aether versetzt und das Gemenge eine Stunde hindurch stark geschüttelt. Abermals wird der Aether auf dem Scheidetrichter von der wässerigen Flüssigkeit getrennt, die letztere von Neuem mit einer der vorigen gleichen Aethermenge versetzt und geschüttelt. Nach 6- bis 8-maliger Wiederholung der Abscheidung des geschüttelten Zusatzes von neuem Aether und des jedesmal stundenlangen Schüttelns hinterlässt eine Probe des Aethers beim Eindampfen keine Spur von Rückstand. Alles durch sie Ausziehbare haben die angewendeten Aethermengen weggenommen. Bei der Abscheidung des Aethers von der wässerigen Flüssigkeit ist mit peinlicher Sorgfalt darauf zu achten, dass kein Tropfen der letzteren in den ersteren übergeht; deshalb empfiehlt es sich, das geschüttelte Gemenge vor seiner weiteren Behandlung auf dem Trichter einige Stunden hindurch einer vollen Ruhe zu überlassen. Ist die Trennung von wässeriger Flüssigkeit glatt von Statten gegangen, so enthält der Aether keine oder nur verschwindende Mengen von Schwefelsäure. Auf den genannten Erfolg kann man nach Berthelot und Jungfleisch[1] nur dann rechnen, wenn die wässerige Flüssigkeit eine mässige Menge von Schwefelsäure enthält; von dem Aether wird aus dem Wasser erst dann eine merkliche Menge von Schwefelsäure aufgenommen, wenn sie sich sehr concentrirt vorfindet. Zur Zersetzung des in dem Auszuge des Blutes enthaltenen milchsauren Alkalis werden mässige Mengen von Schwefelsäure genügen, deren zerlegende Wirkung sehr vollständig hervortreten kann, weil der wiederholt erneute Aether die freigemachte Milchsäure fortlaufend entfernt.

[1] *Annales de Chimie et de Physique.* 1872. 4e Série. t. XXVI. p. 40.

Für die Ausführung des anhaltenden Schüttelns empfiehlt sich die Anwendung eines durch Maschinenhülfe getriebenen Apparates; da mir im hiesigen Institut ein solcher zur Verfügung stand, so war mir die zeitraubende und ermüdende Anstrengung der Arme erspart.

Aus den vereinigten Auszügen wird der Aether abdestillirt, die kleine Menge zurückbleibender citronengelber Flüssigkeit mit Wasser aufgenommen, unter Erhitzen mit kohlensaurem Zinkoxyd versetzt, so lange ein Aufbrausen stattfindet und dann noch mit einem kleinen Ueberschuss des genannten Zinksalzes versehen. Die Flüssigkeit wird filtrirt, der auf dem Filter verbleibende Rückstand sorgfältig ausgewaschen, die wässerigen Lösungen auf dem Wasserbade stark eingeengt und schliesslich in den Exsiccator über Schwefelsäure gebracht, wobei sich mit dem fortschreitenden Vertrocknen wesentlich nur Krystalle eines Zinksalzes ausscheiden dessen Menge auf der Waage zu bestimmen ist.

Um das Fett zu entfernen, welches der heisse Alkohol dem Blute entnommen hatte, wurde der vorstehenden Beschreibung gemäss, die ich in den ersten meiner Versuche befolgte, der nach der Verjagung des Alkohols verbleibende Rückstand mit Aether ausgezogen. Auf den Rath des Hrn. Prof. Drechsel habe ich später die wässerige Flüssigkeit, welche nach der Austreibung des Alkohols verblieb, mit ein wenig Schwefelsäure versetzt, und dann, um ihre emulsionsartige Beschaffenheit zu tilgen, längere Zeit auf dem Wasserbade erhitzt, filtrirt, das Filter sorgfältig ausgewaschen. Weil sich der Rückstand nur schwierig auswaschen lässt, sammelte ich denselben in der Regel nach der ersten Filtration in einem Becherglas, behandelte ihn zum zweiten und dritten Male wiederum mit Wasser und Schwefelsäure unter Erwärmen der Mischung, und filtrirte. Die durchgegangenen Flüssigkeiten wurden mit kohlensaurem Natron gesättigt, und auf dem Wasserbade eingeengt. Die rückständige fettfreie citronengelbe Flüssigkeit wurde von da ab den obigen Angaben entsprechend weiter behandelt. Vor dem früher geschilderten Verfahren verdient das letztere entschieden den Vorzug.

Wenn ich, trotzdem dass ich im Wesentlichen nach schon gebräuchlichen Methoden verfuhr, mehr Milchsäure im Blute antraf, als frühere Beobachter, so dürfte der Grund hierfür zum Theil in der Sorgfalt liegen, die ich auf das Auswaschen des Blutcoagulums verwendete, nachdem ich mich von der Innigkeit überzeugt hatte, mit welcher die milchsauren Salze den Bestandtheilen des Kuchens anhaften. — Eine nicht mindere Bedeutung schreibe ich der vielfachen Wiederholung des Ausschüttelns der wässerigen Flüssigkeit mit immer frischen Mengen Aethers zu. Denn da sich die Milchsäure ihrer Löslichkeit in Wasser und Aether entsprechend zwischen den beiden Flüssigkeiten theilt, so lässt sich auf eine nahezu vollständige Entfernung der genannten Säure aus dem Wasser nur dann rechnen,

wenn das Wasser mit grossen Mengen milchsäure-freien Aethers durchgeschüttelt wird.

Was nach dem Verdunsten der wässerigen Lösung verbleibt, besteht fast allein aus Krystallen von der Form des milchsauren Zinkoxydes, welche durch einen Farbstoff verunreinigt sind, und nur zuweilen aus spurweise vorhandenen Mengen eines schwefelsauren Salzes. Die Krystalle sind von ihrem Farbstoff dadurch zu reinigen, dass man sie in Wasser löst, das Salz durch einen Zusatz von absolutem Alkohol fällt, den Niederschlag mit absolutem Alkohol wäscht und ihn dann von Neuem aus einer wässerigen Lösung krystallisiren lässt. Unter Umständen muss die Auflösung und Fällung des Salzes mehrfach wiederholt werden, ehe dasselbe vollkommen farblos geworden ist.

Nachdem das reine, aus Wasser angeschossene Zinksalz über Schwefelsäure getrocknet war, wurde dasselbe bis zur Annahme eines unveränderlichen Gewichts einer Temperatur von 124° C. ausgesetzt. In vier aus verschiedenen Darstellungen herrührenden Mengen betrug der Gewichtsverlust für:

I. 0·0943 grm des Salzes = 0·0232 grm einem Procentgehalt an Krystallwasser von 12·83 entsprechend.
II. 0·6778 grm des Salzes = 0·0878 grm einem Procentgehalt an Krystallwasser von 13·05 entsprechend.
III. 0·2075 grm des Salzes = 0·0275 grm einem Procentgehalt an Krystallwasser von 13·25 entsprechend,
IV. 0·676 grm des Salzes = 0·0855 grm einem Procentgehalt an Krystallwasser von 12·64 entsprechend.

Bei der Verbrennung des von seinem Krystallwasser befreiten Zinksalzes im Schiffchen und Sauerstoffstrom lieferten:

		CO_2	H_2O	ZnO
I.	0·1475 grm an	0·165 grm;	0·59 grm;	0·0485 grm.
II.	0·0995 grm an	0·1103 grm;	0·0422 grm;	0·0337 grm.
III.	0·2188 grm an	0·234 grm;	0·091 grm;	?

Hieraus berechnen sich auf 100 Theile: I.	II.	III.	100 Theile fleischmilchsauren Zinkoxyds fordern:
C 29·56	C 30·23	C 29·16	C 29·63
H 4·40	H 4·70	H 4·62	H 4·11
Zn 26·37	Zn 27·13	?	Zn 26·75

Zu den vorstehenden Analysen gehört die Bemerkung, dass die verwendete Menge I dem Blute vor, II demselben nach der Durchleitung durch die überlebende Niere, III und IV nach der Durchleitung durch die über-

lebende Lunge entstammte. Auf sein Vermögen die Polarisationsebene zu drehen, wurden Lösungen des Salzes aus der I., II. und III. Darstellung durch einen grossen Polarimeter von Wild geprüft.

I. 0·28 grm der gereinigten Krystalle in 12 ccm Wasser gelöst wurden in ein Rohr von 100 mm Länge gefüllt; das specifische Drehungsvermögen wurde zwischen 6·43 und 7·290° gefunden.

II. 0·792 grm der gereinigten Krystalle in 12 ccm Wasser gelöst und in ein Rohr von 200 mm Länge gefüllt, gaben im Mittel aus drei nahezu übereinstimmenden Ablesungen ein specifisches Drehungsvermögen von 7·27°.

III. 1·372 grm der gereinigten Krystalle in 17 ccm Wasser gelöst und in ein Rohr von 200 mm Länge gefüllt, gaben in zwei aufeinander folgenden Ablesungen ein specifisches Drehungsvermögen von 6·38 und 6·25°.

Die Krystalle waren in etwa 6 Theilen kalten Wassers, in warmem dagegen sehr leicht löslich.

Den nachgewiesenen Eigenschaften entsprechend kann darüber kein Zweifel aufkommen, dass das Salz aus fleischmilchsaurem Zinkoxyd besteht.

Milchsäure als regelmässiger Bestandtheil des Blutes. — In den bis dahin veröffentlichten Angaben über die Zusammensetzung des Blutes wird die Milchsäure unter den immer vorhandenen Bestandtheilen des Blutes nicht aufgezählt. Nach starker und anhaltender Muskelcontraction wurde sie jedoch von Spiro reichlicher, ausserdem aber nur zuweilen in sehr geringer Menge von Salomon und H. Meyer aufgefunden. Da das Blut, welches ich zur Durchleitung benutzen wollte, Thieren entzogen war, die Tage lang sich in Ruhe befunden hatten, so unterliess ich es anfangs, einen Antheil des frisch aus der Ader gelassenen Blutes auf seinen Gehalt an Milchsäure zu prüfen. Nachdem mir jedoch wiederholt in dem durch die ausgeschnittene Niere geflossenen Blute verhältnissmässig grosse Mengen der genannten Säure aufgestossen waren, schien es mir nöthig, das Blut, ehe es der künstlichen Strömung ausgesetzt war, einer besonderen Prüfung zu unterwerfen. So oft ich dann eine solche ausführte, traf ich auch im frischen Blute merkliche Mengen von Milchsäure an. Sonach muss ich die Fleischmilchsäure zu den regelmässigen Bestandtheilen des Kaninchen- und Hundeblutes zählen. Zur Unterstützung meines Ausspruches mögen die folgenden Zahlen dienen. Zu ihnen gehört die Bemerkung, dass der Formel des krystallisirten fleischmilchsauren Zinkoxyds entsprechend der Milchsäuregehalt der von mir dargestellten Krystalle zu 64·516 Procent angenommen wurde.

I. Hund.

A. Gesammtblut, frisch aus der Arteria carotis abgelassen.

1. 400 ccm Blut geben 0·132 grm fleischmilchsaures Zinkoxyd. — Danach in 100 ccm Blut = 0·021 grm Milchsäure
Seit 24 Stunden fastend.

							Bemerkung
2.	680 „	„ „	0·182 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·017 grm Milchsäure	Seit 48 Stunden fastend.
3.	400 „	„ „	0·138 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·022 grm Milchsäure	Nach beendeter Verdauung.
4.	500 „	„ „	0·216 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·028 „ „	
5.	300 „	„ „	0·141 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·032 „ „	
6.	190 „	„ „	0·103 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·035 „ „	
7.	400 „	„ „	0·216 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·035 „ „	
8.	200 „	„ „	0·486 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·157[1] „ „	
9.	800 „	„ „	0·474 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·039 „ „	Etwa 6 Std. nach der Fütterung.
10.	400 „	„ „	0·327 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·054 „ „	
11.	200 „	„ „	0·140 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·045 „ „	
12.	800 „	„ „	0·420 „	„ „ „	„ 100 „ „	= 0·035 „ „	

B. Centrifugirtes Serum des Hundeblutes.

13. 180 ccm Serum geben 0·223 grm fleischmilchsaures Zinkoxyd. — Danach in 100 ccm Serum 0·081 grm.
In Verdauung begriffen.

II. Kaninchen.

14. 200 ccm Blut geben 0·314 fleischmilchsaures Zinkoxyd — Danach in 100 ccm Blut 0·096 grm.

[1] Die übergrosse Menge der diesmal aufgefundenen Milchsäure liess den Verdacht aufkommen, dass das Salz bedeutend verunreinigt sei. Ich löste darum die Krystalle von Neuem in wenig Wasser, und nachdem ich mich von der Abwesenheit der Schwefelsäure überzeugt hatte, leitete ich Schwefelwasserstoff durch die Lösung. Die mit einem reichlichen Niederschlag versehene Flüssigkeit erschöpfte ich, wie früher, mit Aether und stellte aus diesem 0·320 grm milchsaures Zinkoxyd her, was 0·103 grm Fleischmilchsäure in 100 ccm Blut entspricht. — Das Blut, welches zur zweiten und neunten Beobachtung diente, war nach einer Zwischenzeit von 14 Tagen demselben Hund entnommen. Zuerst zwei und dann, als die Wunde geheilt und der Hund durch reichliches Futter gut genährt war, neun.

Ausser der feststehenden Thatsache, dass im kreisenden Blute aller Thiere eine merkliche in das Gewicht fallende Menge von Milchsäure enthalten ist, liefern die Beobachtungen noch beachtungswerthe Hindeutungen über das Verhältniss, in welchem unsere Säure zum Fütterungszustand und zu den einzelnen Bestandtheilen des Blutes steht. Als einen Zufall wird man es kaum ansehen dürfen, dass die hungernden Hunde weniger Milchsäure in ihrem Blute besassen, als die reichlich ernährten und die pflanzenfressenden, die Kaninchen, mehr als die mit Fleisch gefütterten Thiere. Und der hohe Gehalt des Blutserums an Milchsäure macht es wahrscheinlich, dass in den flüssigen Antheilen des Blutes die milchsauren Alkalien reichlicher als in den Blutkörperchen vertreten seien. Von künftigen Untersuchungen wird eine weitere Aufklärung zu erwarten sein.

Künstlicher Blutstrom durch die Niere. — Nach bekannten Regeln wurde, nachdem die Nieren und das Blut vorbereitet waren, der Strom eingeleitet und unterhalten. Spätestens 10 bis 15 Minuten nach dem Tode war die Strömung schon im Gang; die Niere und das Blut wurden demselben Thiere entnommen, das letztere war geschlagen und colirt, es besass also die apnoischen Eigenschaften. Dem Blut und der Niere wurden während der Dauer des Versuches eine gleiche und gleichmässige Temperatur ertheilt. Der Druck, unter welchem das Blut in die Arterie strömte, war durch eine Mariotte'sche Flasche auf beliebiger Höhe unverrückt zu erhalten. Im Verlauf des Stromes selbst fanden sich die von Mosso beschriebenen Erscheinungen ein; aus der Vene floss das Blut mit periodisch veränderlicher Geschwindigkeit ab, ungeachtet dessen, dass der Druck in der Arterie gleich hoch geblieben war, und mit der wachsenden Zeit musste, um dem Ausfluss aus der Vene eine stets gleiche mittlere Geschwindigkeit zu ertheilen, der am Eingang in die Nierengefässe vorhandene Druck allmählich gesteigert werden.

Da sich möglicher Weise durch die höhere Temperatur der ursprüngliche Gehalt des Aderlassblutes an Milchsäure ändern konnte, so wurde eine Portion des Blutes in einer verkorkten Flasche neben den Behälter gestellt, der das gleichbeschaffene, zur Niere zu führende Blut enthielt. Die beiden Blutmassen, das durch die Niere geflossene und das ruhend in der Flasche aufbewahrte, waren demnach gleich lang und gleich hoch erwärmt gewesen.

Die Beobachtungen führen zu den nachstehenden Ergebnissen:

I. Bei einer Temperatur von 40° C. flossen unter einem von 20 auf 30^{mm} steigenden Hg-Druck im Verlauf von vier Stunden durch die Niere 800^{ccm} Blut. Hieraus wurden erhalten $0 \cdot 821^{grm}$ milchsaures Zinkoxyd,

welche 0·530 grm Milchsäure entsprechen. 800 grm desselben, nicht durchgeleiteten Blutes gaben 0·474 grm des Salzes, entsprechend 0·306 grm Milchsäure.

II. Bei einer Temperatur von 38 ° C. flossen während 2·5 Stunden unter einem von 18 auf 35 mm Hg steigenden Druck 400 ccm Blut durch die Niere. Aus ihnen wurden gewonnen 0·355 grm milchsaures Zinkoxyd, gleich 0·229 grm Milchsäure. 400 grm desselben, nicht durchgeleiteten Blut lieferten 0·132 grm milchsaures Zinkoxyd, entsprechend 0·085 grm Milchsäure.

In dem ersten der beiden Versuche hatte sich während seines Durchganges durch die Niere die Milchsäure des Blutes um 0·224 grm (0·530 — 0·306) vermehrt; oder mit anderen Worten der Procentgehalt des Blutes an Milchsäure hatte in dem Blute vor der Durchleitung durch die Niere 0·038 und nach derselben 0·066 grm betragen.

In dem zweiten Versuche betrug der Zuwachs an Milchsäure 0·144 grm (0·229 — 0·085). Während des Durchganges durch die Niere hatte sich der Procentgehalt des Blutes an Milchsäure von 0·021 auf 0.057 grm gehoben.

Diesen Beobachtungen, welche beweisen, dass das Blut während seines Durchganges durch die Nierengefässe an Milchsäure reicher wird, kann ich zwei andere zugesellen, welche in gleichem Sinne sprechen; beide sind insofern unvollkommener, als ich es damals unterliess, von dem verfügbaren Blut einen Theil zu untersuchen, der nicht durch die Niere gegangen war.

III. Bei 40 ° C. flossen unter einem Druck von 20 bis 40 mm Hg während 7 Stunden 2200 ccm Blut durch die Niere. Aus 2090 ccm des Blutes wurden 2·226 grm milchsauren Zinkes gewonnen. — Hieraus berechnet sich der Procentgehalt des Blutes an Milchsäure zu 0·065.

IV. Bei 31 ° C. flossen unter einem Druck von 16 mm Hg binnen vier Stunden 500 ccm Blut durch die Niere. Von diesem gaben 410 ccm an milchsaurem Zinkoxyd 0·275 grm, einem Procentgehalt des Blutes an Milchsäure von 0·043 entsprechend.

Obwohl der Milchsäuregehalt unbekannt blieb, den das Blut schon vor dem Durchgang durch die Niere besessen hatte, so darf doch aus den hohen Procentwerthen, welche das der Vene entströmte Blut darbot, auf ein Zuwachsen der Säure in der Niere geschlossen werden.

Mit gleicher Sicherheit kann dieses nicht von dem folgenden Versuche behauptet werden. Zu ihm stand mir nur ein kleiner Hund zur Verfügung, der 350 ccm Aderlassblut lieferte. Von diesem Thiere wurden statt einer zwei Nieren zur Durchleitung vorbereitet, indem die Zuflusscanüle in die Aorta, die Abflusscanüle in die Vena cava eingesetzt wurde. Als bei 36 ° C. unter einem Druck von 18 bis 20 mm Hg das Blut in zwei Stunden durch-

geflossen war, wurde das venös gewordene durch Schütteln mit Luft in den apnoischen Zustand zurückversetzt und von Neuem durch die Nieren geführt. Dann gaben 320 ccm desselben 0·127 milchsaures Zinkoxyd, einem Procentgehalt des Blutes von 0·026 an Milchsäure entsprechend. Da das frische Aderlassblut einen so niederen Werth nur selten aufzeigt, so bleibt es ungewiss, ob sich ihm während der Strömung durch die Niere Milchsäure zugesellt hat. Immerhin ist auch bei diesem Versuch die Möglichkeit einer Neubildung nicht ausgeschlossen, da sich unter den Aderlassbluten auch solche mit noch niedrigerem Procentgehalte finden.

Ursprung der hinzugetretenen Milchsäure. Wenn sich in dem Blute auf seinem Wege durch die Niere die Menge der Milchsäure vermehrt hatte, so konnte dieses daher rühren, dass sich durch einen bei der Berührung von Blut und Nierengewebe entstandenen chemischen Vorgang Milchsäure gebildet hatte, andererseits auch daher, dass das Blut aus einem in der Niere vorhandenen Vorrathe gespeist worden war. Als eine Bestätigung für die letztere Ansicht müsste es gelten, wenn durch eine sorgsame Behandlung mit Alkohol den frischen Nieren verbluteter Hunde eine Milchsäuremenge zu entziehen wäre, welche den Ueberschuss zu decken vermöchte, den das venöse über das arterielle Blut darbot.

Um hierüber Aufschluss zu erhalten, entnahm ich einer Anzahl von eben getödteten Hunden die Nieren, zerhackte sie zu einem feinen Brei, zerrieb ihn in einem Porcellanmörser unter Alkohol, presste ihn unter starkem Druck aus und wiederholte das letzte Verfahren so lange, als eine abfiltrirte Probe des Alkohols einen Rückstand hinterliess.

Bei zwei derartigen Versuchen erhielt ich das erste Mal aus 180 grm Nieren nur Spuren einer Krystallisation, die für milchsaures Zink anzusprechen waren. Das andere Mal schossen aus dem alkoholischen Auszug von 550 grm Niere 0·066 grm milchsauren Zinkoxyds gleich 0·043 grm Milchsäure an.

Auf die gestellte Frage, ob das Nierengewebe Milchsäure enthalte, geben die beiden untersuchten Massen eine verschiedene Antwort. Nach dem Ausfall der ersten Untersuchung muss die Abwesenheit von Milchsäure im Nierengewebe behauptet werden, denn die nach Spuren bemessene Ausbeute an Krystallen des Zinksalzes lässt sich ohne Zwang aus dem in den Gefässen zurückgehaltenen Blutmengen ableiten. — Anders fällt das Urtheil für die zweite der untersuchten Massen aus. Soll die Herkunft der gefundenen Milchsäure allein aus dem noch anwesenden Blute abgeleitet werden, so müssten beispielsweise in den 550 grm Nieren 100 ccm Blut mit 0·043 grm Milchsäure behaftet angenommen werden. Oder wenn man es für unwahrscheinlich erachtet, dass nahezu $^1/_5$ der Masse aus Blut bestanden habe, so müsste man in dem Maasse, in welchem man den Blutgehalt des Nieren-

breies herabschätzt, den Procentgehalt des Blutes an Milchsäure hinaufwerthen, ein Unternehmen, welches als gewagt bezeichnet werden muss, weil schon 0·043 Procent Milchsäure, welche bei der Annahme des grösseren Antheiles der Nieren an Blut die gefundene Salzmenge deckte, die mittlere Procentzahl übersteigt. — Aus der angestellten Ueberlegung scheint mit Nothwendigkeit der Schluss auf die Anwesenheit der Milchsäure im Gewebe der Niere selbst hervorzugehen.

Zur Entscheidung darüber, ob das Nierengewebe zuweilen Milchsäure enthält, reichen die vorgelegten Beobachtungen nicht aus. Künftighin werden nur blutfreie Nieren in Angriff genommen werden dürfen, wie sie z. B. durch Reizung ihrer Gefässnerven zu erhalten sind. Dahingegen genügen die Beobachtungen vollauf zum Beweise, dass bei der künstlichen Durchblutung eine neue, vorher nicht vorhanden gewesene Menge von Milchsäure entstanden sei.

Denn angenommen, der zweite meiner Befunde bilde die Regel und noch weiter vorausgesetzt, es sei der Blutstrom vermögend trotz seines höheren Gehaltes an Milchsäure, dem Nierengewebe die Säure vollständig zu entziehen, so würden doch 0·004 bis 0·008 grm derselben, die in 50 100 grm Nieren enthalten gewesen, weitaus nicht hinreichen, um den Unterschied zu erklären, der zwischen dem arteriellen und venösen Nierenblut aufgefunden wurde. Um die Steigerung bewirken zu können, welche der Milchsäuregehalt des venösen Blutes erfahren hatte, müsste die in der Niere vorhandene Milchsäure das dreissig- bis fünfzigfache des wirklich gefundenen betragen haben.

Künstlicher Blutstrom durch die Lunge. Unter den vorstehend mitgetheilten Versuchen fand sich nur einer, in welchem das durch die Niere geflossene Blut keinen oder vielleicht nur einen geringen Zuwachs seines Milchsäuregehaltes empfangen hatte. Vor den übrigen war er auch dadurch ausgezeichnet, dass das aus der Vene abgelaufene Blut, nachdem es apnoisch gemacht war, abermals durch die Niere getrieben wurde. Sollte die wiederholte Zuführung von Sauerstoff an dem hervorgetretenen Unterschied Schuld sein, so durfte in einem Strome, dem nach Belieben Sauerstoff zugeführt werden konnte, keine Milchsäure entstehen.

Neben anderen Gründen wurde ich auch namentlich durch das Ergebniss des eben erwähnten Versuches bewogen, meine Beobachtungen auf die Lunge auszudehnen. Die Vorbereitung zu einem solchen Versuch bedarf keiner Beschreibung; Arterie und Vene wurden wie an jedem anderen Organ hergerichtet und das einzig Neue war das Hinzutreten der künstlichen Respiration. Meist wurden die Lungen kleiner Hunde benutzt. Waren die Lungen wie in der Mehrzahl der Versuche möglichst bald nach dem Tode durchströmt, so zeigten sich im Venenstrom ausser den bekannten,

den Einblasungen entsprechenden Schwankungen der Geschwindigkeit noch andere unregelmässig auftretende, welche, weil keine anderen Ursachen für sie gefunden werden konnten, auf Rechnung des veränderlichen Tonus der Gefässmuskeln gestellt werden mussten. So kann ich denn unverweilt die Ergebnisse der Versuche mittheilen.

I. Bei einer Temperatur von 39° C. flossen unter einem Druck von 10 bis 20^{mm} Hg 250^{ccm} Blut während der Stunde durch die Lungen. Nachdem das aus der Vene hervorgetretene Blut zum zweiten Male durch die Lunge geführt war, enthielten 500^{grm} desselben $0 \cdot 422^{grm}$ milchsaures Zinkoxyd, welche $0 \cdot 272^{grm}$ Milchsäure entsprechen. 100^{ccm} des Blutes enthielten demnach $0 \cdot 054^{grm}$ Milchsäure. Die Bestimmung der Milchsäure in dem ursprünglichen, nicht durch die Lunge geführten Blutes missglückte leider, nachdem dieselbe fast zu Ende geführt war. Aus der Menge des zur Neutralisation der Säure nöthigen Zinkoxyds liess sich jedoch auf einen geringen Gehalt des Blutes an Säure schliessen.

II. Von 1500^{ccm} aufgefangenen Blutes wurden 400^{ccm} sogleich in Alkohol bewahrt, zur Milchsäurebestimmung zurückgestellt und der Rest in zwei Portionen getheilt, welche nach einander durch die Lunge geleitet wurden.

a) Durchleitung der ersten Portion. Bei einer Temperatur von 38° bis 39° C. flossen in 22 Minuten unter einem Druck von 10 bis 20^{mm} Hg 400^{ccm} Blut aus der Vene. Nachdem dasselbe im Verlauf von 48 Minuten abermals durch die Lunge gegangen war, wurden aus 400^{ccm} $0 \cdot 429^{grm}$ milchsaures Zinkoxyd, also $0 \cdot 277^{grm}$ Milchsäure dargestellt, was einem Procentgehalt des Blutes von $0 \cdot 069$ entspricht.

b) Durchleitung der zweiten Portion. Diesmal wurde das Blut bei dem früheren Druck und derselben Temperatur acht Mal durch die Lunge geleitet. Aus 400^{ccm} des Venenblutes wurden $0 \cdot 527$ des Salzes, also $0 \cdot 34^{grm}$ Milchsäure gewonnen, aus dem sich der Procentgehalt zu $0 \cdot 085$ ergiebt.

In dem ursprünglichen, nicht zur Durchleitung benutzten Blut waren für 400^{ccm} $0 \cdot 327^{grm}$ milchsaures Zinkoxyd, also $0 \cdot 211^{grm}$ Milchsäure gefunden worden, entsprechend einem Procentwerth von $0 \cdot 053$.

Die Milchsäure hatte bei der ersten, nur zwei Mal vollführten Durchleitung in 400^{ccm} Blut um $0 \cdot 066^{grm}$ zugenommen und

bei der zweiten, jetzt acht Mal bewirkten Durchleitung in 400^{ccm} Blut um $0 \cdot 129^{grm}$ sich vermehrt.

Was aus dem Versuche 1 wahrscheinlich geworden, hatte der zweite vollauf bewiesen. Auch beim Durchgang des Blutes durch die frische überlebende Lunge bildet sich Milchsäure.

Die Bildung der Milchsäure ist kein postmortaler Vorgang. Findet sich, wie durch v. Frey bewiesen, bei der künstlichen Durchleitung von Blut, in den überlebenden Muskeln und unter gleichen Bedingungen auch in der Niere und Lunge die Neubildung von Milchsäure ein, so konnte, weil Gleiches in so verschiedenen Gewebsarten auftritt, der Verdacht nicht unterdrückt werden, dass die Ursache für die genannte Neubildung nicht in den natürlichen Bedingungen des Lebens ruhe, dass sie vielmehr von einem mit dem Absterben aller Organe einhergehenden Vorgang veranlasst werde. Diese Erwägung forderte zu mehrfachen Abänderungen des Versuches auf.

Nimmt das Lungengewebe nur Kraft seiner lebendigen Eigenschaften einen Antheil an der Erhöhung des Milchsäuregehaltes im strömenden Blute, so wird zu erwarten sein, dass seine Befähigung hierzu um so weniger hervortritt, je später nach dem Tode das Blut durch seine Gefässe kreist. Dementsprechend wird eine Lunge dem Versuche zwei Mal zu unterwerfen sein, ein Mal wie bisher, kurz nach dem Tode und darauf wiederum nachdem sie eine Reihe von Stunden bei 0° C. aufbewahrt worden ist.

III. Nachdem die Lunge, welche zu dem zweiten kurz vorher beschriebenen Versuche gedient hatte, 20 Stunden hindurch in einem Kasten aus Zinkblech bei 0° C. aufbewahrt worden war, wurde frisches, einem Hunde unmittelbar vorher entnommenes Blut durch sie geleitet. — Von diesem Blute wurden bei einer Temperatur von 38° C. und unter einem Drucke von 20 mm Hg 250 ccm durch die Gefässe geführt, wodurch die Lunge rasch von dem niederen auf den höheren Grad erwärmt und ihr Gefässraum zugleich von den Blutresten befreit wurde, die aus der vortägigen Leitung zurückgeblieben waren. Der Strom, welcher jetzt aus der Vene hervorkam, liess die Unregelmässigkeiten seiner Geschwindigkeit vermissen, die er Tags zuvor dargeboten hatte, woraus zu schliessen, dass die Muskeln der Gefässwand ihre Contractilität eingebüsst hatten.

Darauf wurde eine Blutmenge von etwa 500 grm drei Mal nacheinander durch die Lungengefässe bei 38° C. und 20 mm Hg geführt, was sich im Verlauf von einer Stunde bewirken liess. — Aus 350 ccm des durchgeleiteten Blutes konnten 0·203 grm milchsaures Zinkoxyd gleich 0·131 grm Milchsäure, also aus 100 grm Blut 0·037 grm dargestellt werden. Aus 400 ccm des ursprünglichen, nicht durch die Lunge geführten Blutes liessen sich 0·215 grm milchsaures Zinkoxyd, gleich 0·130 grm Milchsäure, also aus 100 grm Blut 0·035 grm gewinnen.

Entgegen dem Verhalten, welches bei der Leitung durch die frische Lunge beobachtet war, hatte nun der Milchsäuregehalt auf dem Wege von den Arterien in die Venen nicht zugenommen. Dadurch, dass die Lunge

20 Stunden bei 0° gelegen hatte, war ihr Vermögen erloschen, mit Beihülfe des Blutes Milchsäure zu erzeugen. Doch darum war der eben gezogene Schluss noch nicht einwandfrei. An den beiden verschiedenen Tagen war nicht dasselbe Blut verwendet worden, vielleicht war der Grund für die am zweiten Tage mangelnde Leistung in dem Unterschied der Blutarten gelegen. — Dem gemachten Einwurf wollte der folgende Versuch begegnen.

IV. Rasch nach einander wurden zwei kleine Hunde getödtet und von einem grossen Hunde durch Verblutung 1500 ccm Blut gewonnen. — 300 ccm desselben gaben 0·147 grm milchsaures Zinkoxyd, entsprechend 0·095 grm Milchsäure, also auf 100 ccm Blut gleich 0·032 grm.

Der Rest des Blutes wurde auf zwei Flaschen vertheilt, und die eine Portion zugleich mit einer der beiden Lungen 48 Stunden hindurch von einem Zinkkasten umschlossen in Eis eingepackt.

Die andere Portion des Blutes wurde alsbald bei 38·5° C. einmal durch die frische Lunge des zweiten kleinen Hundes hindurchgeführt. — Mit 200 ccm des Blutes liessen sich 0·212 grm milchsauren Zinkoxyds darstellen, demnach 0.137 grm Milchsäure und in 100 ccm Blut 0·068 grm. Nachdem die andere Portion des Blutes und die Lunge des zweiten Hundes 48 Stunden hindurch bei 0° C. gestanden hatten, wurden beide auf 38.5° C. erwärmt und das Blut einmal durch die Lunge getrieben. Mit 200 ccm des durchgeleiteten Blutes konnten 0·157 grm milchsaures Zinkoxyd erhalten werden, woraus sich 0·101 grm Milchsäure und für 100 ccm 0·051 grm berechnen.

Der Gehalt des Blutes, welches durch die frische Lunge geführt war, hatte um 0·036 %, desjenigen dagegen, welches durch die seit 48 Stunden in Eis verpackten Lunge gegangen war, nur um 0·019 % zugenommen. Dadurch also, dass zwischen der Entnahme der Lunge aus dem Thiere und der Durchleitung ein längerer Zeitraum verstrichen war, hatte sich ihre Befähigung zur Bildung von Säure um das Zweifache erniedrigt, eine Thatsache, welche abermals dafür spricht, dass die Entstehung der Säure nicht mit einem, nach dem Tode geweckten Gährungsvorgang in Zusammenhang steht. Trotz ihrer Geringfügigkeit bleibt jedoch die so spät nach dem Tode noch vorhandene Wirkungsfähigkeit von Bedeutung und der Versuch bedarf einer häufigeren Wiederholung als ich sie bis dahin auszuführen im Stande war.

Noch auf eine andere von der voraus beschriebenen verschiedene Art lässt sich beweisen, dass die Milchsäure, welche das aus der Vene kommende Blut mitbringt, nicht in der Lunge durch eine postmortale Gährung bez. durch Fäulniss entstanden und von der strömenden Flüssigkeit ausgewaschen sei. — Aus zahlreichen Versuchen ist bekannt, dass sich die ausgeschnittenen

Organe nur dann auf eine merkliche Zeit hin ihren überlebenden Zustand bewahren, wenn sie mit vollem, rothe Körperchen enthaltendem Blute gespeist werden.

Unter diesem Gesichtspunkt war zu versuchen, ob eine Lunge, in welcher mit Beihilfe eines Blutstromes Milchsäure entstanden war, die Bildung der Säure versagte, wenn ihre Gefässe nachfolgend von Serum durchsetzt wurden.

Um den beabsichtigten Versuch anstellen zu können, wurde aus dem Blute eines grossen Hundes auf der Centrifuge Serum bereitet und von einem kleineren Blut und Lunge genommen. Durch die Lunge wurde zuerst Blut geleitet, dann nachdem alles Blut aus den Gefässen mit Serum ausgewaschen war, das für die Analyse zu verwendende Serum, hierauf zum zweitenmale Blut, zuvor jedoch mit Blut das Serum aus den Gefässen gespült. — Während der Durchleitung herrschte durchweg eine Temperatur von 40° C.

In 100 ccm des ursprünglichen Blutes wurden gefunden 0·070 gm milchsauren Zinkoxyds entsprechend 0·045 grm Milchsäure.

Aus 100 ccm des ursprünglichen Serums wurden erhalten 0·123 grm milchsaures Zinkoxyd entsprechend 0·080 grm Milchsäure.

1. Blutleitung. Als 150 ccm des Blutes dreimal nacheinander durch die Lunge geführt worden waren, gaben 100 ccm desselben 0·083 grm milchsaures Zinkoxyd entsprechend 0·054 grm Milchsäure.

2. Nachdem durch eine nicht weiter untersuchte Menge des Serums das Blut aus den Gefässen vertrieben war, wurden 165 ccm des Serums dreimal nacheinander durchgeleitet. 100 ccm desselben lieferten 0·123 grm milchsaures Zinkoxyd, aus welchen sich 0·080 grm Milchsäure berechnen.

3. Nachdem mit Blut das Serum aus den Gefässen ausgetrieben war, wurden 200 ccm des Blutes dreimal nacheinander durchgeleitet. 100 ccm desselben gaben 0·080 grm milchsaures Zinkoxyd, welche 0.052 grm Milchsäure enthalten.

Der Unterschied zwischen dem Erfolg, ob Blut oder Serum durch die Lungengefässe floss, tritt deutlich hervor; das Blut, welches vor und nach der Serumleitung aus der Lungenvene hervorkam, brachte mehr Milchsäure mit als das in die Arterie eingetriebene besessen hatte, dem Serum dagegen war während seines Durchgangs durch die Lunge keine Säure zugewachsen. — Mit der Annahme, dass die Milchsäure unabhängig von der strömenden Flüssigkeit entstanden, und von der letzteren nur ausgewaschen sei, steht der gleiche Milchsäuregehalt des Serums vor und nach dem Durchgang durch die Lunge in vollem Widerspruch.

Damit, dass die Milchsäure in dem künstlichen Strom durch das isolirte Organ um so gewisser und um so reichlicher gebildet wird, je mehr sich die Eigenschaften des angewendeten Blutes denen des lebendigen annähern und je früher nach dem Tode des Thiers das ausgeschnittene Organ in den Versuch eintritt, ist noch kein Beweis dafür geliefert, dass der im überlebenden Zustand sich abspielende chemische Vorgang auch dem lebenden Organismus eigen sei.

Eine Ergänzung für das was die Versuche nicht zu leisten vermögen, erbringt jedoch der Nachweis der Milchsäure im lebenden Blute; wenn diese Säure zu den stetigen Bestandtheilen des letzteren gehört, wenn sie sich dort im ruhenden und seit 48 Stunden fastenden Thiere behauptet, so ist damit die Vermuthung beseitigt, wonach sie nur in dem arbeitenden Muskel gebildet werde oder nur eine zufällige aus der Nahrung stammende Beigabe zum Blute darstelle.

Gleichzeitig mit der Ueberzeugung, dass die Milchsäure einem im Organismus weitverbreiteten chemischen Vorgang entspringe, erheben sich die Fragen, woher und wohin.

Zu den Stoffen, aus welchen die Milchsäure entstehen kann, gehört, wie ich vermuthe, der Inosit. Künstlich lässt sich aus ihm Milchsäure bereiten und er ist stets in dem Gewebe der Lunge und den Nieren anwesend. Zu diesen Thatsachen, nach welchen die Ableitung der Milchsäure aus der genannten Zuckerart möglich erscheint, kommt ein von mir angestellter Versuch, in welchem das mit Inosit versetzte Blut nach seinem Durchgang durch die Lunge mehr Milchsäure enthielt, als das kurz vorher durchgeleitete Inositfreie. Die Beobachtung ausführlich zu beschreiben, unterlasse ich, weil Ein Versuch zur Begründung meiner Vermuthung nicht ausreicht, vielmehr aber noch deshalb, weil der Nachweis fehlt, und auch wohl kaum zu erbringen ist, ob auf dem Wege durch die Lunge ein, der gebildeten Milchsäure entsprechender Antheil des Inosits verschwunden, d. h. weder im Blut, noch in dem Lungengewebe zu finden sei.

Offenbar muss im Organismus neben dem chemischen Vorgang, welcher die Milchsäure erzeugt, ein anderer einhergehen, welcher sie zerstört. An welchen Orten die Zersetzung der Säure weiterschreitet, wird die fortgesetzte Untersuchung lehren. Dass zu ihnen die Muskeln, die Niere und die Lunge nicht zu zählen sind, wird deshalb sehr wahrscheinlich, weil sich innerhalb derselben der Gehalt des Aderlassblutes an Milchsäure mehrt.

Der naheliegenden Versuchung, aus den mitgetheilten Thatsachen mancherlei Folgerungen auf physiologische Vorgänge zu ziehen, glaube ich widerstehen zu sollen, denn jede derartigen Bestrebungen gewidmete Zeit wird unzweifelhaft mit mehr Vortheil zum Nachsinnen über neue und fruchtbringende Versuche zu verwenden sein.

Nerv und Epithel am Froschlarvenschwanze.

Von

S. Frenkel.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

(Hierzu Taf. XIII.)

Die Hoffnung in die schwierigen Verhältnisse dieses oft behandelten Objectes mehr Licht zu bringen, schöpfte ich aus einer von der herkömmlichen weit abweichenden Auffassung, welche mir Dr. Gaule mittheilte. Die Beziehungen zwischen Nerv und Epithel gewinnen ein neues Gesicht, wenn man sich vergegenwärtigt, dass die Epithelzelle ja kein constantes, sondern ein vergängliches Gebilde ist. Namentlich das Epithel der Epidermis ist in einem fortwährenden Erneuerungsprocess begriffen, und wenn der Nerv mit einem Apparat im Innern der Epithelzelle endigt, wenn er sich in sie fortsetzt, oder in irgend einer Weise einen Theil von ihr ausmacht, so muss eben dieser Theil die Lebensschicksale der Epithelien mit durchmachen. Ebenso wie fortwährend Epithelien entstehen und vergehen, müssen auch fortwährend Nervenenden gebildet und zerstört werden, wenn sie eben einen Theil der Epithelien ausmachen, in denselben enthalten sind. Aber ist das wirklich der Fall? Für den Froschlarvenschwanz scheint diese zuerst von Hensen gefundene Thatsache, trotz aller Wandlungen die der Modus der Endigung in unseren Ansichten erfahren hat, sicher bewiesen. Daran ändert auch die Kritik nichts, welche Mitrophanow[1] kürzlich an den hierauf bezüglichen Arbeiten ausgeübt hat, trotz der zuversichtlichen Behauptung, dass er ein für allemal eines der Fundamentalargumente, welche

[1] Mitrophanow, *dies Archiv.* 1884. S. 191.

Hensen zur Begründung seiner bekannten Theorie der Nervenentwickelung dienten, beseitigt habe, mit denen der genannte Autor seine Abhandlung schliesst.

Denn Mitrophanow hat sich bei seiner Nachuntersuchung nicht etwa besserer und zuverlässigerer Methoden bedient, als die Autoren, welche vor ihm diesen Gegenstand behandelten, sondern er ist im Gegentheil zu solchen zurückgekehrt, welche die Technik als zur Entscheidung feinerer Verhältnisse ungeeignet verlassen hat. Er bemängelt den von Pfitzner[2] eingeführten und von Canini[3] nachgeahmten Weg der vorgängigen Erhärtung des Froschlarvenschwanzes mit $^1/_4\,^0/_0$ Chromsäure und der nachträglichen Vergoldung, indem er behauptet, dass durch die Einwirkung der Chromsäure Kunstproducte entständen. Er übersieht aber dabei, dass die Bilder, welche Canini von den Objecten nach diesen Behandlungsmethoden gegeben hat, mit den von Leydig und Eberth nach den frischen Praeparaten gezeichneten völlig übereinstimmen, und was schlimmer ist, er verschweigt, dass Canini die Frage, ob die von ihm befolgte Methode vielleicht eine Veränderung des Praeparats herbeiführt sorgfältig diskutirt und verneint hat. Und wenn Mitrophanow der Ansicht ist, dass die im Gegensatz hierzu von ihm befolgte Methode, die frischen Objecte sofort in eine mit einen Tropfen Holzessig angesäuerte Goldlösung zu bringen, eine besondere Gewähr für die Erhaltung der ursprünglichen Formen biete, so dürften ihm darin nur wenige Histologen beistimmen. Eine solche Behandlung hat ja manche Vortheile, aber den einer Conservirung der feineren Formen gewiss nicht, die Quellungserscheinungen, die hierbei eintreten, sind allgemein bekannt. Wo aber die Methodik Mitrophanow's ganz unzulänglich wird, das ist bei der Betrachtung der Objecte. Es handelt sich zwischen ihm und seinen Vorgängern um die Frage, ob die Nervenenden in den Epithelzellen oder zwischen denselben liegen. Wer einmal sich mit der Untersuchung einer solchen Frage beschäftigt hat, oder wer es sich vorstellen kann, was es heisst zu entscheiden, ob ein feiner Faden in einer bestimmten Ebene liege oder nicht, der wird sofort auf den Gedanken kommen, dass die Objecte, an denen man eine solche Untersuchung anstellen soll, kaum dünn genug, die Vergrösserungen kaum stark genug sein können. Wer mit der mikroskopischen Technik vertraut ist, weiss ausserdem, dass nur Immersionslinsen eine einigermaassen sicheres Urtheil über die Lage feiner Objecte gewähren. Dementsprechend hatten Pfitzner und Canini den Froschlarvenschwanz in möglichst dünne Schnitte zerlegt, und zur Untersuchung die besten ihnen zur Verfügung stehenden Oelim-

---

[1] Pfitzner, *Morphologische Jahrbücher.* Bd. VII. S. 727.

[2] Canini, *Dies Archiv.* 1993. S. 149. (Dort auch die übrige Litteratur.)

mersionen herangezogen. Mitrophanow aber betrachtet den Froschlarvenschwanz *in toto*, ohne ihn zu zerlegen und mit entsprechend schwachen Linsen. Wie er dabei im Stande ist, sich ein Urtheil zu bilden, ob die Nerven in den Zellen liegen oder nicht, ist mir unbegreiflich. Um dahinter zu kommen, was er wirklich gesehen hat, habe ich genau nach seiner Methode Praeparate angefertigt und genau nach seiner Methode betrachtet. Man sieht an diesen Praeparaten recht schön die in dem Schwanz verlaufenden Nerven und ihre gröberen Plexus, ein Bild, wie wir es seit Hensen schon kennen. Man sieht ausserdem in den Epithelien die bekannten Eberth-Pfitzner'schen Gebilde, und in den mehrfach übereinanderliegenden Schichten der Epithelien verschieben sich diese Figuren so gegeneinander, wie ich es später genauer schildern will, weil es das, was Mitrophanow gesehen zu haben glaubt, erklärt. Indessen muss ich zunächst noch ein Wort über das Verhältniss der nach Mitrophanow's Methode hergestellten Praeparate zu seinen Abbildungen sagen. Dieselben entsprechen einander nicht genau. Man wird mir einwenden, dass ich ja nicht wissen könne, ob nicht die eigenen Praeparate Mitrophanow's seinen Abbildungen entsprochen hätten. Indessen Jeder der selbst einmal Praeparate von direct mit Gold behandelten Epithelien des Froschlarvenschwanzes gesehen, die Bilder ihrer Kerne und ihres Protoplasma's, und die ganze Mannigfaltigkeit der Formen, die da auftreten, sich eingeprägt hat und die Abbildungen Mitrophanow's damit vergleicht, wird mir zugeben, dass dieselben schematisirt sind.

Von der in den Text eingefügten Abbildung, welche die eigentlich entscheidende sein würde, giebt er das selbst zu. Sie ist lediglich ein Product der Phantasie, sie zeigt das, was man sehen müsste, wenn seine Behauptung richtig wäre, was man aber nicht sieht, und was er auch selbst nicht sehen konnte, denn der auf seiner Tafel Fig. 4 abgebildete Querschnitt durch das Epithel zeigt nichts davon. Aber auch die Abbildungen der Tafel, welche angeblich nach der Natur gezeichnet sind, sind schematisirt. Nun ist das an sich ja nicht unerlaubt, zu didaktischen Zwecken kann es ganz nützlich sein. Wenn man aber mit einer Zeichnung etwas beweisen will, und namentlich beweisen will, dass ein Anderer Unrecht hat, dann muss die Zeichnung das getreueste Abbild des Objectes sein. Thut man erst selbst etwas hinzu, wo ist dann da die Grenze, welche davor schützt, dass die Zeichnung nicht einfach das ausdrückt, was in der Vorstellung der Zeichnenden, aber nicht im Objecte vorhanden ist?

So ist es auch Mitrophanow gegangen. Durch eine kleine Abänderung des wirklichen Bildes, gelangt er dazu, es mit seiner Vorstellung in Uebereinstimmung zu bringen, und da er ohnehin so viele Abänderungen des wirklichen Bildes zeichnet, wie es das Schematisiren mit sich bringt,

so hält er auch in Bezug auf den Punkt, auf den es ankommt, diese Abänderung für erlaubt. Die Sache ist die. Die einzige Stelle wo Mitrophanow angiebt, was er über das Verhalten der Nerven im Epithel wirklich gesehen hat, findet sich S. 99 a. a. O. Er betrachtet das Epithel von der Fläche und zwar von unten her (*in toto*) und sagt „In diesem Fall sieht man bei der allerhöchsten Einstellung des Mikroskoptubus nur die Grenzen der Basalzellen mit violetten Punkten, die hier und da zwischen ihnen eingestreut sind (Taf. II Fig. 3m). Senkt man den Tubus, so bekommt man die Kerne der Basalzellen zu sehen. Die oben genannten Punkte verschwinden nicht bei Senkung des Tubus, im Gegentheil, sie werden dabei grösser. Ohne Zweifel sind diese Punkte nichts Anderes als die optischen Querschnitte der senkrecht zwischen den Zellen stehenden Nerven mit Endknöpfchen.“ Andere thatsächlichen Angaben finden sich in der Abhandlung nicht. Es ist also diese Beobachtung, auf der alles fusst. Mit dem „ohne Zweifel“ waren Mitrophanow alle Zweifel verschwunden und er glaubt sich berechtigt, nach der Vorstellung die er sich gebildet, auch die Nerven in den Querschnitten, in denen er sie gar nicht gesehen, hineinzuzeichnen. (Er macht über Untersuchung von Querschnitten in seiner Abhandlung nur die Mittheilung, dass sie nutzlos sei). Das was man aber wirklich sieht, stimmt nicht genau mit dieser Beschreibung und noch weniger mit der Abbildung überein. Zunächst ist nicht richtig, dass die intracellularen Gebilde sich gar nicht mit Gold färben. Wie auch die später zu schildernden Farbenreactionen beweisen, bestehen dieselben aus (mindestens) zwei Substanzen von verschiedener Reaction. Die eine färbt sich mit Gold, und da dieselbe in den feineren Fäden einen grösseren Antheil hat, so werden diese mit Gold violett, während die massigeren Gebilde im Inneren farblos bleiben und nur am Rand mit einzelnen gefärbten Körnchen oder Stäbchen besetzt erscheinen. Nun beobachtet man im Flächenbild des Epithels, zwischen den grossen von den Epithelzellen eingenommenen Feldern, einzelne kleine Felder von sehr verschiedener Grösse und Form, wie sie in meiner Abbildung 9 mit *e* bezeichnet sind. In diesen Feldern nun finden sich die violetten Punkte. Dieselben sind aber auch nicht gleichmässig gross und gleichmässig gefärbt, sondern, wie in der Abbildung 9 es sich zeigt, finden sich in diesen Feldern neben feinen punktförmigen auch grosse Gebilde, welche nichts anderes sind als Querschnitte der intracellulären Gebilde. Die Felder selbst sind die Füsse, mit denen die Zellen der zweiten Reihe zwischen denen der ersten Reihe hindurch bis zur Basalmembran herabreichen und in diesen Füssen finden sich die Fortsätze der intracellularen Gebilde, wie dies die Abbildung 3 am Querschnittsbilde zeigt. Wo die Fortsätze sehr fein sind, da färben sie sich auch mit Gold, und diese Gebilde, die also in den Zellen liegen, sind es, die von

Mitrophanow für zwischen den Zellen liegende Nerven gehalten wurden. Hätte er von dem Flächenbild eine wirklich genaue Abbildung gegeben, so hätten ihm die kleinen Felder, in denen diese Fusspunkte der Gebilde liegen, und ihre Mannigfaltigkeit nicht entgehen können, da er aber schematisirte, so brachte er das Bild einfach mit seiner Vorstellung in Einklang.

Ganz anders sind die Bilder von Canini. Dieselben sind wirklich treue Abbildungen der Praeparate, die mir vorlagen, und da gegen die Praeparationsmethode vom Standpunkte der heutigen Technik kein berechtigter Einwand erhoben werden kann, so sind wir wohl genöthigt, den in ihnen dargestellten Zusammenhang als den Ausdruck der Wirklichkeit aufzufassen. Der Einwand Mitrophanow's, dass die Nerven Canini's Fasern des Basalmembran seien, ist ein Versuch, eine unbequeme Thatsache wegzuleugnen, ein Versuch, der nicht geschickt ist, weil ja schon ein Blick auf Canini's Abbildung lehrt, dass die Nerven durch die Basalmembran hindurchtreten, sich unter ihr ausbreiten und theilen, also ihr gar nicht angehören können. Die Nerven, welche mit den intracellularen Gebilden im Zusammenhang stehen, sind also sicher nachgewiesen, diejenigen, welche zwischen den Epithelzellen liegen sollen, aber nicht, auch durch Mitrophanow nicht. Möglich immerhin, dass sie existiren; aber warum sollten unsere Hülfsmittel, welche uns die einen zeigen, bei den anderen immer versagen?

Mit einem nicht nachweisbaren Gebilde brauchen wir uns jedenfalls nicht zu beschäftigen und ich will daher zu dem Ausgangspunkt der Betrachtung, den intracellularen Gebilden in den Epithelien zurückkehren.

Die grösste Schwierigkeit, welche sich seither einer Erklärung derselben entgegengestellt hat, liegt in der Unregelmässigkeit und Mannigfaltigkeit ihrer Form. Man kann sie sich nicht als einen bestimmten Apparat, ein bestimmtes Organ denken, weil sie eben keine bestimmte Form haben. Wenn man sich indessen vergegenwärtigt, dass die Epithelzelle selbst, in der dieses Gebilde sich findet, ein vergängliches Dasein hat, dass an ihr demgemäss eine Reihe von Entwickelungs- und Rückbildungsvorgängen sich vollziehen, so wird man auf den Gedanken kommen, dass auch die in ihr befindlichen Gebilde, welche ja einen Theil ihrer selbst bilden, eine Reihe von verschiedenen Stadien durchlaufen und dass die Verschiedenheit der Figuren von den Stadien herrühren, in denen sie sich befinden. Eine solche Vorstellung würde auch ein Licht darauf werfen, warum die Figuren gerade an einem so vergänglichen Gebilde, wie dem Larvenschwanz auftreten, weil wir dort eben einen Umbildungsprocess der Epithelien in grösserem Maassstabe zu erwarten haben. Eine von dieser Hypothese ausgehende Untersuchung wird nun zu erweisen haben, 1) ob die verschiedenen Formen dieser Gebilde sich als eine Reihe von Stadien der Entwickelung und des

Vergehens auffassen lassen, 2) ob diese Entwickelung im Zusammenhang mit der Entwickelung und dem Vergehen der Epithelzellen verläuft, d. h. ob entsprechend morphologische Aenderungen an dem Kern und dem Protoplasma der Epithelzellen sich vollziehen, und 3) ob sie im Zusammenhang steht mit der Vermehrung und Umordnung der Epithelzellen des Larvenschwanzes.

Ich will zunächst schildern, was ich gethan und was ich gesehen und zwar das Letztere mehr mit Abbildung als mit Worten.

Methode.

Benutzt wurden Larven von Rana esculenta und temporaria in verschiedenen Stadien der Entwickelung. Als Härtungsmittel wurde Chromsäure $^1/_4$ procentig angewandt. Die Thiere wurden lebend in die Flüssigkeit gebracht, nach einigen Stunden in Wasser ausgewaschen und in Alkohol gebracht. Ein Theil der benutzten Objecte hatte längere Zeit in Alkohol gelegen.

Die dem Alkohol entnommenen Larven wurden nach Auswaschung in destillirtem Wasser in einem Fläschchen gewöhnlicher Alaun-Haematoxylin-Lösung 2—3 Stunden der Temperatur des Brütofens ausgesetzt, darauf in Wasser ausgewaschen und mit der grössten Sorgfalt in Paraffin eingebettet. Auf diese Weise gelang es äusserst feine Schnitte zu erhalten, von einem oder nur wenigen Zelllagen. Die Schnitte wurden nach der in Gaule's Laboratorium üblichen Methode auf dem Objectträger mit Alkohol angeklebt, mit Eosin, Saffranin oder Säurefuchsin gefärbt und in Canadabalsam eingeschlossen. Die erwähnte Procedur mit dem Haematoxylin erwies sich deshalb als nothwendig, weil die in Chromsäure gehärteten Objecte sich nur äusserst schwer mit Haematoxylin färben. Bei Anwendung erhöhter Temperatur gelingt die Tinction sehr gut und zwar bedeutend gleichmässiger und schöner, wenn *in toto* gefärbt wird, als in Schnitten, wobei Niederschläge und allzustarke Erwärmung schwer zu vermeiden sind.

Morphologie der intracellulären Bildungen.

An den nach der eben beschriebenen Methode behandelten Praeparaten bemerkt man innerhalb der Zellen des Epithels Figuren von verschiedener Form, die durch ihre glänzend rothe Färbung sich scharf von den blau tingirten Zellkernen abheben. Man kann folgende Typen derselben unterscheiden:

1. Der Kern der Zellen ist mehr oder weniger dicht von der rothen ziemlich stark lichtbrechenden Substanz umgeben.

2. Die rothe Substanz bildet keine zusammenhängende Masse, sondern ist in Stücke zerspalten. Diese Stücke umgeben entweder den Kern so, dass derselbe wie zwischen den Zinken einer Gabel liegt, oder sie bilden ein korbartiges Geflecht, in dem der Kern sich befindet; oder sie umgeben den Kern in einer oder mehreren Windungen. Endigen die Stücke frei, so zeigen ihre Enden constant eine knopf- oder birnförmige Anschwellung, welche intensiver gefärbt ist und stärker das Licht bricht. Wo die Stäbe untereinander zusammenhängend ein Geflecht bilden, da zeigen die Knotenpunkte desselben die Anschwellungen. Die Windungen um den Kern liegen natürlich in verschiedenen Ebenen.

Daneben finden sich meist isolirt, seltener mit den Stäben in Verbindung, feinste, nur bei sehr starker Vergrösserung sichtbare Fädchen, ebenfalls knopfförmig endigend.

3. In jüngeren Larven bemerkt man an einzelnen Stellen um die Kerne der Epithelzellen glänzend rothe Körner, welche entweder isolirt sind oder unter einander durch Fäden oder eine homogene Substanz in Verbindung stehen. Dieselben Körner finden sich auch in Stücken zwischen den Epithelzellen.

Was die Substanz betrifft, aus der alle diese Figuren gebildet sind, so zeigen Querschnitte derselben, dass sie nicht durchweg aus der roth sich färbenden Masse bestehen, sondern dass ihr Inneres eine streifige gelbgrüne Substanz enthält, welche von der rothen gleichsam wie von einem Mantel eingehüllt ist.

Beziehung der intracellulären Bildungen zu den Epithelzellen.

Ich will zunächst die Verhältnisse besprechen, wie sie sich bei nicht zu jungen Froschlarven, welche schon ein aus mehreren Schichten bestehendes Epithel haben, ergeben.

Bei diesen findet man ausser den eigentlichen in der Basalreihe gelegenen Gebilde ähnliche Figuren auch in den höheren Reihen und das Verhältniss dieser zu den ersteren bildet eben den Schlüssel zu dem Uebrigen.

Ein senkrecht auf den Schwanz der Froschlarve geführter Schnitt zeigt hier folgende Verhältnisse:

Ueber der ziemlich breiten und deutlich sich abhebenden Basalmembran liegen die Epithelzellen in der Regel in drei Schichten übereinander. Die Zellen einer jeden derselben haben ibre besondere charakteristische Form. 1) Der Basalmembran anliegend, die tiefste Schicht bildend, finden sich Zellen von annähernd cylindrischer Gestalt, sie sind etwa zwei mal so lang

wie breit und stehen mit ihrem längsten Durchmesser senkrecht auf der Längsrichtung der Basalmembran. 2) Die zweite nächst höhere Schicht besteht aus annähernd cubischen oder kugelförmigen Zellen. 3) Die dritte und äusserste Schicht stellen glatte langgestreckte Zellen dar, bei denen die längsten Durchmesser der Basalmembran parallel sich stellen.

Richten wir nunmehr unser Augenmerk auf die Kerne der verschiedenen Zellschichten, so zeigt es sich zunächst für die Zellen der innersten Schicht, dass ihre meist ovalen Kerne Differenzen zeigen in Betreff ihrer Lage in der Zelle, ihrer Richtang und ihrer Tinctionsfähigkeit. In einem Theil der Zellen liegen die Kerne in der Mitte des Zellenleibes, ihr längster Durchmesser entspricht der Länge der Zellen, steht also senkrecht zur Oberfläche und ist an tingirten Praeparaten mit Haematoxylin tief violett gefärbt; in einem anderen Theil befinden sich die Kerne in der äusseren Peripherie der Zellen, ihre Richtung ist parallel zur Oberfläche, also senkrecht zur Richtung der Zellen und ihre Tinctionsfähigkeit ist geringer als die der anderen Kerne. Hierbei zeigt es sich fast constant, dass die beiden Zellsorten abwechselnd neben einander stehen. Im Allgemeinen sind die Zellen mit blassen Kernen schmäler als die anderen und ragen mehr oder weniger über die Nachbarzellen hinaus.

Höchst bemerkenswerth ist es nun, dass die intracellulare mit Eosin gefärbte rothe Substanz — welche in keiner Zelle der Basalschicht vermisst wird — sich verschieden verhält, je nach der Lage des Kerns. Liegt der Kern in der Mitte der Zelle und ist er intensiv gefärbt, so ist er vollständig oder fast vollständig von jener Substanz umschlossen, er liegt wie in einem Gehäuse, die Zerklüftung in Fäden ist wenig ausgesprochen. Anders wo der Kern vor der Peripherie liegt. Hier ist der Zerfall der rothen Masse in Stäbe deutlich sichtbar, der Kern liegt entweder in einem Geflecht sich durchkreuzender und in verschiedenen Richtungen wendender Stäbe, oder er ruht nach aussen unbedeckt zwischen den Stäben, wie zwischen den Zinken einer Gabel. Zwischen den beiden Stadien finden sich mannigfache Uebergänge, die sich besser durch Abbildungen als mit Worten veranschaulichen lassen.

Auch in den Zellen der zweiten Schicht lassen gelungene Praeparate die rothe Substanz erkennen und ebenso constant. Dieser Umstand muss besonders betont werden, da er von anderer Seite entschieden bestritten worden ist. Ihre Form ist hier einfach. Sie bilden Stäbe und Bänder, oft mit knopfförmiger Anschwellung; die mit wenigen meist nur einer halben Wendung den Kern umgeben. Ihne Färbbarkeit ist bedeutend geringer als in den anderen Zellschichten, ebenso ihr Lichtbrechungsvermögen. Die glatten Zellen der letzten Schicht zeigen meist keine oder nur Bruchstücke dieser Bildungen.

Vorgänge im Epithel.

Es liegt auf der Hand, dass in dem Epithel der Froschlarven zweierlei Bildungsprocesse nebeneinander herlaufen. Erstens werden fortwährend Zellen aus dem Organismus durch Abstossung entfernt, an deren Stelle andere treten müssen. Ferner ist ja das ganze Organ im Wachsthum begriffen, es vergrössert sich das Volumen desselben und da die Grösse der einzelnen Zelle ein gewisses Grundmaass nicht überschreiten darf, so muss die Zahl der im Epithel vorhandenen Zellen in immerwährender Steigerung begriffen sein. Die beiden Vorgänge des Wiederersatzes der Zellen und der Zellvermehrung werden nach verschiedenen Richtungen wirken. Der Process der Regeneration der abgestossenen Bestandtheile muss sich abspielen in der Richtung von aussen nach innen d. h. senkrecht auf die Körperoberfläche, der Process der Vermehrung parallel zu derselben. Beide Vorgänge werden selbstverständlich so ineinander greifen, dass der schliessliche Effect der Resultirenden der beiden Bewegungsrichtungen entspricht. Gleichwohl ist es, um zur Klarheit zu gelangen, nothwendig, jeden der beiden Vorgänge getrennt zu analysiren. Es lässt sich dieses dadurch erzielen, dass man zur Untersuchung der Regenerationsvorgänge ein Stadium wählt, in dem dieselben über den Process der Zellvermehrung bedeutend überwiegen, zum Studium der Zellvermehrung einen Zeitpunkt, in dem das Umgekehrte der Fall ist. Je älter die Larve, um so geringer die Zellvermehrung, je jünger um so intensiver.[1]

Die oben besprochenen Verhältnisse bezogen sich auf einen älteren Zustand des Froschlarvenschwanzes und wir wollen zusehen, ob sie uns zum Verständniss der Vorgänge im Epithel — besonders der Regeneration — verhelfen können.

Da das Epithel ausschliesslich aus zelligen Elementen besteht, so wird die Zellerneuerung und Zellvermehrung ausschliesslich — von einer etwaigen Einwanderung von Zellen abgesehen — ihre Quelle in dem vorhandenen Zellenmaterial haben. Wenn die äusserste Zellschicht einem fortwährenden Untergang geweiht ist und an deren Stelle wieder neue Schichten treten, so muss von der innersten, der Basalmembran anliegenden Schicht, eine stete Zellerneuerung stattfinden. Es ist damit von vornherein anzunehmen, dass die Zellen der innersten Schicht die der mittleren und diese die der äussersten Schichten liefern. Dies ist in der That der Fall.

Wir haben oben in der innersten Schicht je nach der Lage des Kernes

[1] Der Vorgang der Zellenvermehrung geht, wie durch vielfach in dem Epithel sich findende Kerntheilungsfiguren bewiesen wird, hauptsächlich nach dem Flemming'schen Schema vor sich. Auf ihn einzugehen liegt nicht im Plan dieser Untersuchung, die sich wesentlich mit den Bildern, die bei der Zellerneuerung auftreten, beschäftigt.

und der intracellulären Substanz zwei Arten von Zellen unterschieden. Zwischen diesen beiden Arten finden sich zahlreiche Uebergänge und zeigen mit Sicherheit, dass wir es hier mit verschiedenen Entwickelungsstufen zu thun haben, deren Combination aus ihrem Zusammenhange sich ergiebt. Beginnen wir unsere Betrachtung von dem Augenblick, wo die Basalzelle eine etwa cylindrische Gestalt besitzt, ihr Kern tief violett gefärbt in der Mitte des Zellenleibes sich befindet und von der roth gefärbten stark lichtbrechenden Substanz vollständig umschlossen ist. Die Umwandlung geht nun folgendermaassen vor sich.

Die intracelluläre Substanz beginnt sich in Stäbe zu spalten, welche unterhalb des Kernes zusammentreten und sich aneinanderzulegen oder auch miteinander zu verschmelzen beginnen. Hierdurch wird der Kern aus seiner Lage verdrängt und allmählich nach oben gegen die äussere Peripherie der Zelle geschoben (Fig. 2 b^1 und b^2). In einem gewissen Stadium dieses Vorganges ist ein Theil der Stäbe bereits verschmolzen, der andere obere Theil noch getrennt und zwischen diesen auseinanderweichenden Enden liegt der bereits stark nach oben gedrängte Kern (Fig 2 b^1). Bald ist auch der Rest der Stäbe vereinigt, der Kern liegt dann ganz an der Peripherie (Fig. 5 b^2, Figg. 6—8) und unterhalb desselben befindet sich eine mehr oder weniger starke lichtbrechende Säule mit ihrem breiteren Fuss der Basalmembran dicht aufsitzend. Einer oder wenige der den Kern umschlingenden Fäden bleiben indess an dem Kern haften und begleiten denselben in seinen weiteren Schicksalen (Fig. 7 *b*). Während der Wanderung des Kernes von dem Centrum des Zellenleibes an die Peripherie desselben hat derselbe noch eine zweite Bewegung ausgeführt: um seine eigene Axe. An der Peripherie liegend ist die Richtung seines längsten Durchmessers parallel zur Basalmembran (Fig. 5 b^1 und b^2, Figg. 3 und 4 *b* nnd *c*).

Sind diese beiden Bewegungen des Kernes active, sind sie durch dem Kern selbst innewohnende Kräfte bewirkt, oder ist derselbe passiv aus seiner ursprünglichen Lage fortgedrängt? Eine sichere Entscheidung ist nicht möglich. Die Bewegung des Kernes von innen nach aussen, findet ihre genügende Erklärung durch die sich aneinanderlegenden und verschmelzenden Fäden, sie kann also als eine passive angesehen werden. Für die Axendrehung ist keine äussere Ursache bemerkbar, man wird sie darum als active bezeichnen können.

Gleichzeitig mit der Ortsveränderung des Kernes geht eine Aenderung seiner Structur und seiner chemischen Beschaffenheit vor sich (Fig. 6). Er wird blasser, seine Zeichnung undeutlicher, und zeigt eine sehr verminderte Verwandtschaft zu kernfärbenden Stoffen, die Chromatinsubstanz nimmt ab. An Haematoxylinpraeparaten ist er nur schwach blau gefärbt und zeigt wenig von den netzförmig angeordneten, sonst den Kern durchziehenden Fäden.

Werden die Praeparate mit dem Säurefuchsin Weigert's behandelt, so zeigt es sich, dass mit dem Abnehmen der Chromatin-Substanz eine andere Substanz in dem Kern auftritt. Man bemerkt nämlich an so gefärbten Schnitten die Zellkerne (Figg. 18 und 19) gefüllt von glänzend roth gefärbfen Punkten und mehr oder weniger groben Körnern. Auch die intracellulären Figuren färben sich, wenn auch schwach mit dem Säurefuchsin, doch ist der Farbenton der intranucleären Körner ein anderer und durchaus charakteristischer. Während dort, wo sich der Kern noch in seiner ursprünglichen Lage, in der Mitte der Zelle, befindet, entweder nichts von der erwähnten Substanz wahrnehmbar ist oder nur ganz feine rothe Pünktchen sich zeigen, füllt er sich entsprechend seiner Ortsveränderung mit einer zählbaren Menge grober rother glänzender Tropfen. Eine combinirte Färbung von Säurefuchsin mit Haematoxylin ergiebt, dass die Tropfen oft noch von einer Schale von Chromatinsubstanz umgeben sind (Fig. 18).

Diese Reaction mit Säurefuchsin ist durchaus analog derjenigen, welche das Myelin der Markscheiden mit diesem Farbstoff giebt, und wie sie überhaupt fetthaltige Substanz geben. Das Chromatin der alternden Epithelzellen verwandelt sich in einen fetthaltigen Körper, welcher in Tropfen den Kern erfüllt.

Nachdem der Kern bis an die Peripherie der Zelle gedrängt worden ist, trennt sich der äussere Theil der Zellen mit sammt dem Kern und einem oder einigen der rothen Fäden von dem inneren der Basalmembran anliegenden Theil derselben ab, und wird so zur Zelle der zweiten Schicht.

In dem Rest der Zelle, in welchem der grössere Theil der intracellulären Bildung zurückgeblieben ist, erscheint ein neuer Kern. Nach der Regel entwickelt sich der neue Kern bis zu einer beträchtlichen Grösse, bevor die Abtrennung des äusseren Zelltheiles vollendet ist. Man sieht dann in der Zelle zwei Kerne, den einen peripherisch gelegen, seine Längsaxe parallel der Basalmembran, den anderen in der Mitte der Zellen senkrecht auf der Ebene der Basalmembran stehend. Die Scheidewand ist bereits angelegt, doch ist die Verbindnng der beiden Zelltheile dadurch deutlich, dass einige der Fädenenden aus dem einen Abschnitt der Zelle in den anderen hineinragen (Fig. 6). Abweichungen von diesem Schema finden sich häufig genug. Es liegt der neue Kern manches Mal ebenfalls in dem ganz frischen Theile der Zelle, der Körperoberfläche parallel gerichtet; ferner geht die Umwandlung der ersten Schichten in die zweite dergestalt vor sich, dass zwischen zwei Zellen der Basalschicht eine reine Zelle entsteht, und indem sie sich vergrössert verdrängt sie den inneren Theil der Zelle, welcher schliesslich nur noch als ein ganz schmaler Stiel auf der Basalmembran aufsitzt, während der äussere Abschnitt bereits alle Charaktere der zweiten Zellschicht angenommen hat, so dass er mit dem Stiel einen Winkel von

etwa 90 Grad bildet (Fig. 3). Die Bildung der äussersten Schicht aus der zweiten geschieht so, dass der Kern verblasst, granulirt wird, für sämmtliche Farbstoffe wenig zugänglich wird, kurz alle Zeichen einer absterbenden Zelle annimmt. Der rothe Faden verschwindet allmählich und indem die Zelle nach aussen gedrängt wird, plattet sie sich immer mehr ab.

Die vorstehenden Beobachtungen lassen in Bezug auf folgende Punkte eine klare Deutung zu.

1. Die in den Zellen auftretenden färbbaren Gebilde stehen in einer bestimmten Beziehung zum Zellkern.

2. Der Zellkern geht bei der Umbildung der Zelle aus einer Zelle der ersten zu einer Zelle der zweiten bez. dritten Reihe bestimmte Umformungen ein, bei denen sich mehr oder minder gleichzeitig alle Theile des Kernes umbilden, d. h. zu Grunde gehen und dann wieder neu gebildet werden.

3. Mit dieser Umbildung des Kerns steht die Verschiedenheit der Figuren im Zusammenhang, so dass die verschiedenen Figuren als verschiedene Stadien der Umbildung einer Grundfigur erscheinen.

4. Umbildung der Zelle, Umbildung des Kerns und Umbildung der Figur sind Theile eines und desselben Vorganges.

Man wird sich nun fragen müssen, welche Bedeutung, welche Rolle hat dann das Gebilde bei diesem Vorgang. Da ist es zunächst wichtig zu entscheiden, wann das Gebilde in der Zelle auftritt. Man muss also auch auf die früheren Larvenstadien zurückgreifen.

Ganz junge Stadien, wie sie überhaupt in Betreff ihres Epithels ganz andere Verhältnisse zeigen, enthalten nichts von den besprochenen Bildern. In einem weit vorgerückten Entwickelungszustand kann man dagegen nicht selten die Entstehung derselben mit Deutlichkeit verfolgen, am besten an Flachschnitten, die in der angegebenen Weise behandelt werden. Die Kerne sind im Verhältniss zur ganzen Zelle sehr gross, annähernd oval gestaltet und enthalten innerhalb ihrer hellviolet gefärbten fein granulirten Grundsubstanz eine Menge zierlich angeordneter Fäden von Chromatinsubstanz, die mehr oder minder dicht mit Körnern besetzt sind. Eine Anzahl von Kernen indess haben nicht diese gleichmässige Structur. Vielmehr zeigt sich ein Gegensatz zwischen dem peripheren Theil des Kernes und dem centralen. Entweder die ganze Peripherie der Kerne oder gewöhnlich nur ein Abschnitt derselben ist in ziemlich breiter Schicht viel intensiver violet gefärbt und umgiebt wie ein Mantel oder eine Kappe die centralen blasser gefärbten Kernschichten Die Grenze zwischen beiden ist scharf. Eine genauere Untersuchung ergiebt nun, dass die äusseren Kernschichten sich umgewandelt haben in eine Anzahl dicht neben einander liegender Kugeln,

die ihrerseits einen tief gefärbten peripheren und helleren centralen Theil aufweisen. Leicht gelingt es jetzt auch an einer Reihe so veränderter Kerne noch eine andere Beobachtung zu machen Der Kappe von kugelförmig angeordneter Substanz äusserlich anliegend, gleichsam sie umsäumend, liegt ein Streifen gelbgrünlicher Substanz, der selbst von einem feinen grell-roth gefärbten Rande eingefasst wird. Es ist zu bemerken, dass der Saum von grünlicher Substanz dem Contour der Kappe ziemlich folgt, vor Allem aber, dass er nur demjenigen Theil des Kernes anliegt, welcher die Differenzirung seiner peripherischen Schichten aufweist. Fig. 14 und 16.

Leicht kann man auch folgendes Bild bemerken: Der Kern zeigt feine gewöhnliche Structur, die Kappe von Chromatinsubstanz ist verschieden, dagegen findet sich von dem Kern durch einen Zwischenraum geschieden und ihn nur theilweise umziehend eine sichelförmig grünlichgelb gefärbte Figur mit mehr oder minder deutlichem rothen Saum, in deren Inneren die Ueberreste kugelförmig angeordneter Körper deutlich sichtbar sind. Fig. 13.

Vergleicht man die verschiedenen Nuancen der hier skizzirten Bilder miteinander, so kann man sich schwer der Ueberzeugung verschliessen, dass zwischen diesen Gebilden ein genetischer Zusammenhang existirt, der sich etwa folgendermaassen darstellen dürfte.

In einem gewissen Lebensstadium des Kernes entwickelt sich die Dfferenzirung der Randschichten desselben zu kugeligen aneinanderliegenden Körpern. Diese Randschicht ist das spätere „intracelluläre Gebilde“. Indem sie sich chemisch verändert nimmt sie immer mehr die Reactionen der erwähnten Gebilde an, trennt sich von dem Rest des Kernes und gleicht dann durchaus in ihrem Verhalten denjenigen Figuren, die wir in einem gewissen Zustand mit Nerven in Berührung gefunden haben.

Die intracellulären Gebilde sind also nicht von Anfang an in der Zelle vorhanden, sie entstehen aus dem Kern und sie entstehen, wenn dieser Kern sich umbildet, wenn mit dem Wachsthum eine Vermehrung der Zellen und der Zellschichten eintritt. Nun was ist aber der Sinn einer solchen Differenzirung und Abtrennung der Randschicht des Kernes zu einem besonderen Gebilde? Um diese Frage zu beantworten, muss ich zunächst Gewicht auf die Thatsache legen, dass die Gebilde im Zusammenhang stehen mit den Nerven. Sie stellen nicht ohne weiteres das Nervenende in der Zelle dar, aber sie bilden den Theil der Zelle, der mit dem Nerven in unmittelbarstem und nächsten Zusammenhang steht. Man wird hier den Einwand machen, dass nach der vorausgegangenen Darstellung ja dieser Theil nicht immer existirt habe. Ganz richtig ist es eben ein Theil, der sich ausbildet, wenn die ganze Zelle eine Veränderung erfährt, bei der sie aus ihrer seitherigen Lage in eine von der Basalmembran entferntere übergeht, wenn sie also von dem Nervenplexus sich entfernt, und dieser Theil

eben, der sich bei der Umformung der Zelle ausbildet, bleibt mit dem Nerven im Zusammenhang. Und er vermittelt den Zusammenhang nunmehr auch der neuen in der zweiten Lage liegenden Zelle, indem er durch den schmalen Fortsatz, mit dem dieselbe mit der Basalmembran im Zusammenhang bleibt, hindurchgeht (vergl. Fig. 3). Kurz das Gebilde ist ein besonderes aus dem übrigen sich aussondernder Theil der Zelle, welcher während die Zelle ihre Organisation und Lage ändert, den Zusammenhang mit den Nerven aufrecht erhält und so die Continuität des nervösen Zusammenhanges mit der Zelle vermittelt. Aber die Bedeutung ist noch eine weitergehende. Die Gebilde sind vergänglich. Sie treten erst während der Umbildung auf und verschwinden wenn diese vollendet ist. Aber vorher sind die Zellen auch im Zusammenhang mit Nerven und nachher auch. Es braucht also dieses Gebilde nicht, um den Zusammenhang mit dem Nerven herzustellen, es braucht, so lange die Zelle intact ist, überhaupt keines besonderen Apparates in ihr selbst. Die Zelle hängt da als Ganzes mit dem Nerven zusammen, als Elementarorganismus, in den nicht ein anderer hineinragt wie mit einem Haken, um ihn zu dirigiren. Aber wenn die Zelle eben ein partielles Absterben erleidet, da sondern sich in ihr bestimmte Substanzen aus, welche zu dem Nerven in besonderer Beziehung treten und die Ansammlung dieser Substanzen bildet eben das intracelluläre Gebilde. In diesem Stadium ist gewissermaassen eine Fortsetzung des Nerven in das Innere der Zelle vorhanden, aber eben weil die Zelle kein Ganzes mehr ausmacht, sondern ihre Theile in der Umbildung begriffen sind. Und diese Substanzen, welche sich aus der Zelle aussondern, sind die, welche nachher verwendet werden, um das Stück des Nerven zu bilden, welches die neue, entferntere Zelle mit dem Plexus verbindet. Es wird also aus dem Leib der Epithelzelle bei ihrem Absterben das Material ausgesondert, welches die Continuität mit dem Nerven erhält und weiterhin selbst zum Nerven umgebildet, die Verbindung der neuen aus der alten hervorgegangenen Zelle mit dem Nervenplexus herstellt. Von diesem Material aber erkennen wir an seiner Reaction einen Theil, nämlich als erythrophile Substanz Weigert's, von der wir wissen, dass sie am anderen centralen Ende der Nerven gleichfalls auftritt. Wir vermuthen ferner, dass das Keratin, welches sich bei dem allmählichen Vorrücken der Epithelzellen nach aussen d. h. bei ihren successiven Umformungen bildet, ein naher Verwandter des Neurokeratins ist, welches wir als Grundlage der Markscheide kennen. So weisen uns die chemischen Verhältnisse auf dieselbe Erkenntniss hin, die wir vorher aus der Verfolgung der morphologischen Vorgänge geschöpft haben, dass die Epithelzelle, indem sie abstirbt Nerv bildet, den Nerven, der die junge aus ihr hervorgehende Zelle wieder mit dem Stamm verbindet.

Eine Reihe anderer sehr merkwürdiger Umbildungen treten noch in

den Epithelzellen des Larvenschwanzes auf und sind von mir theilweise parallel mit den hier geschilderten verfolgt worden. Da ich damit aber noch nicht zu einem völligen Abschluss gekommen bin, will ich von demselben nur einige charakteristische Abbildungen mittheilen, die ich angefertigt habe. Dieselben beziehen sich theils auf die im Epithel auftretetende Pigmentspalte, theils auf Gebilde, die man seither für Wanderzellen gehalten hat.[1] Fig. 21 bis 26 der Abbildungen.

[1] Die Aufklärung, welche diese Verhältnisse am Epithel des Froschlarvenschwanzes, ebenso wie die Arbeit von Lahousse über die Beschaffenheit der Nerven an ihrem peripheren Ende in der Vorhofscheidewand geben, dürfte noch eine bedeutende Erweiterung erfahren, wenn dieselbe in Parallele gestellt werden mit den Verhältnissen am centralen Ende, wozu eine demnächst erscheinende Arbeit von Fräulein E. Smith das thatsächliche Material liefern wird. Ich möchte mir aber jetzt schon die Hypothese erlauben, dass die Hensen'sche Theorie von der Beziehung zwischen Nerv und Epithel auch auf solche Organe ausgedehnt werden kann, die ihr seither geradezu zu widersprechen schienen. Denn die freie Endigung der Nerven, wie wir sie z. B. in der Cornea haben, und der interepitheliale Verlauf vom Nerven überhaupt ist nach den Befunden Frenkel's sehr wohl vereinbar mit der ursprünglichen Endigung der Nerven in der Zelle. Jede Zelle, welche successive die verschiedenen Schichten durchläuft, unter fortwährender Umbildung (und die Verhältnisse werden im Princip an anderen Organen wohl ebenso sein wie hier) bildet hinter sich her das entsprechende Stück Nerv. Dieser Nerv liegt in den durchlaufenen Schichten zwischen anderen Zellen, da er ursprünglich ja eben den Fortsatz darstellt, mit der die Zelle mit der Basis in Verbindung blieb, ist also in dieser Strecke des Verlaufes interepithelial. Gelangt die Zelle dann zur Oberfläche und wird abgestossen, dann bleibt der Nerv zurück und vielleicht an seiner Spitze ein Rest der letzten Zelle, der dann die Endanschwellung, das Endknöpfchen bildet. Es lassen sich so die verschiedenen Typen der Nervenendigung auf einen und denselben Vorgang, für den in den Beobachtungen am Froschlarvenschwanz eine thatächliche Grundlage vorhanden ist, zurückführen. Es würden sich dann auch die Bilder, welche Unna und Andere über die Endigung der Nerven im Epithel beobachteten, die Abhängigkeit des durch Gold in den Epithelien darstellbaren Nerven von gewissen äusseren Einflüssen, u. v. a. leicht erklären lassen.

J. Gaule.

Erklärung der Abbildungen.

Die Abbildungen 1—8 und 26 sind Querschnitten, die übrigen Flachschnitten entnommen. *a* bedeutet die Basalmembran, *b* Zellen der ersten, *c* der zweiten, *d* der dritten Schicht. Die Fäden der intracellulären Gebilde sind durch Eosin, die Kerne durch Haematoxylin gefärbt. Figg. 18, 19, 22, 23 und 26 zeigen auch Säurefuchsinfärbung. Die gelben Farbentöne stellen die in den Zellen natürlich vorkommenden gelben Pigmente dar.

Figg. 1 und 2 zeigen den Uebergang von der korbförmigen Umfassung des Kernes durch die Fäden des intracellulären Gebildes (Fig. 1 und Fig. 2 b^2) zur tischförmigen Tragung des Kerns (Fig. 2 b^1).

Fig. 3 zeigt eine Zelle der zweiten Reihe *c*, die noch durch einen Fortsatz mit der Basalmembran zusammenhängt. In dem Fortsatz der Zelle auch das intracelluläre Gebilde. Der Kern von demselben horizontal umfasst, wie es bei den Zellen der zweiten Reihe üblich ist. Wichtiges Uebergangsstadium (drittes Stadium) von der ersten zur zweiten Reihe. Die Stellung und Grösse des Kernes entpricht bereits der zweiten Reihe.

Fig. 4 und 5 zeigen gleichzeitig die Gebilde in Zellen der zweiten und dritten Reihe (Fig. 5). Korbförmiges Umfassen (1. Stad.) in b^1, tischförmiges Emporheben der Kerne (2. Stad.) in b^2 Fig. 5. Schalenförmiges Umfassen (4. Stad.) in den Zellen der zweiten Reihe *d* Fig. 4 eine Kerntheilung mit eigenthümlicher Umbildung der Schale.

Fig. 6, 7 und 8 zeigen Uebergänge aus dem tischformigen Emporheben des Kernes der ersten Reihe (2. Stad.) zur Ueberführung des Kernes in einen Kern der zweiten Reihe (3. Stad.).

Figg. 9—13 sind Flachschnittbilder. Fig. 9 giebt eine Gruppe von Zellen. Hier sind die Durchschnitte der Fäden zu sehen, welche die Kerne korbförmig umfassen. Die feineren Fäden erscheinen als rothe Punkte, wo die Fäden aber dicker sind, sieht man, dass nur der Rand derselben sich gefärbt hat, das Innere aber nicht. Sie müssen also aus zwei Substanzen bestehen. Fig. 9 b^1 zeigt der Kern die Absonderung einer Randzone, welche sich in einzelne Kammern theilt, das ist der Anfang der Abtrennung dieser Randzone.

Fig. 13 zeigt eine Zelle mit bereits umgebildetem Kern. Die Randschicht hat sich abgelöst und ist zur Schale geworden. In derselben ist noch die Kammerbildung sichtbar. Ein Uebergangsstadium zwischen dieser Form und der in Fig. 9 b^1 abgebildeten zeigt Fig. 16. Dieselben sind chronologisch so zu ordnen: Fig. 9 b^1, Fig. 16, Fig. 13.

Figg. 14 und 15 zeigen Formen, die auch bei diesem Uebergang auftreten, wenn nicht bloss die Randzone des Kernes sich abtrennt, sondern der ganze Kern auf einmal sich umbildet. Figg. 14 und 17 zeigen einen Zerfall des Kerns in kurze Stäbchen aus Chromatinsubstanz. Daran anschliessend zeigen

Figg. 18 und 19 die in dem Kern in diesem Stadium auftretenden Körnchen von erythrophiler Substanz (Körnchen, welche eine besondere Verwandtschaft zum Säurefuchsin haben). Diese Körnchen sind nicht alle von gleicher Farbe, einige haben mehr Chromatinreaction, bei anderen sind Mischtöne aus beiden Färbungen (Haematoxylin und Säurefuchsin vorhanden).

Fig. 15 zeigt eine Differenzirung des Kerns in verschiedene Abtheilungen. Zwei derselben verlieren die Färbbarkeit. An diese Figur schliessen sich an die

Figg. 21—25, welche das Auftreten neuer Zellen innerhalb der alten und zwar ausgehend von jenen dem Kern entstehenden Kammern darstellen.

Fig. 20 stellt eine Kerntheilungsfigur dar, innerhalb der eosinophilen Schale, und zeigt einen eigenthümlichen eosinophilen Faden, der sich zwischen den beiden Chromatinsternen erstreckt.

Fig. 26 zeigt eine Pigmentzelle, die sich in der zweiten Reihe befindet. Ihre Fortsätze ragen in die Zellen der ersten Reihe hinein, und die feinen Pigmentkörnchen scheinen mit dem intracellulären Gebilde in einer Beziehung zu stehen. Der Kern der Pigmentzelle zeigt dieselben Körnchen, wie der in Fig. 18 abgebildete Kern einer Epithelzelle.

Trigeminus und Gesichtsausdruck.

Von

Prof. Dr. Wilhelm Filehne
in Breslau.

Gelegentlich einer nicht veröffentlichten pharmakologischen Untersuchung (über Pupillen-Gifte) bin ich vor längerer Zeit auf eine Beziehung zwischen Trigeminus und mimischen Muskeln des Kaninchens gestossen, welche nicht bekannt zu sein scheint. Sie dürfte für die Physiologie von einigem Interesse sein, was mich veranlasst, meine Erfahrung hier mitzutheilen.

Durchschneidet man einem Kaninchen auf der einen Seite den Trigeminus intracraniell,[1] so sieht man stets sofort den Ohrlöffel der operirten Seite zurückgefallen dem Nacken anliegen, gleichzeitig ist die Spitze nach der Medianlinie hin abgelenkt. Während der andere Ohrlöffel mehr oder weniger aufrecht gehalten und zeitweilig bewegt wird, erscheint der Löffel der operirten Seite gelähmt.

Diese Lähmung tritt stets auf, wenn die Durchschneidung des Trigeminus gelang, und regelmässig fehlt sie, wenn zwar die übrigen Proceduren der Operation (Einstich u. s. w.) vorgenommen sind, die Durchschneidung aber missglückte: eine zufällige Verletzung motorischer Nerven ausserhalb des Quintus oder gar ausserhalb der Schädelhöhle ist also nicht in Betracht zu ziehen.[2]

[1] Nach dem Zeugnisse Longet's *(Anatomie et Physiologie du Système nerveux.* 1842. t. II) stammt diese intracranielle Durchschneidungsmethode, welche man bei uns meistens Magendie zuschreibt, von Fodéra, der sie im *Journal de Physiologie expérimentale,* 1822. t. II. p. 66 beschrieb, während Magendie erst ein Jahr später, 1823, in demselben Journal, t. III, p. 207 dieser Operation „seinen eignen Namen anzuheften sich beeilte“ (Longet).

[2] Selbstverständlich habe ich mich bei der Section vom Intactsein des Facialis überzeugt.

Als nächstliegend bietet sich der Gedanke an, dass im Trigeminus motorische Fasern durchschnitten worden seien, welche derselbe nach rückwärts zur Musculatur des Löffels abgiebt, eine Vorstellung die sich bei näherer Ueberlegung als unzulässig und bei anatomischer und physiologischer Prüfung sofort als falsch erweist: denn der Trigeminus giebt motorische Fasern weder nach rückwärts noch an das Ohr.

Ueberdies ist der betreffende Ohrlöffel gar nicht gelähmt: er erscheint bloss so. Ein Geräusch z. B. oder ein schmerzhafter Eingriff am Gesichte auf der anderen, ungelähmten, Hälfte veranlasst die Erhebung des Löffels; nur fehlt für gewöhnlich die Innervation.

Wenn man die Haltung und die Bewegung der Löffel eines unversehrten Kaninchens und die Vorgänge an ihren Blutgefässen beobachtet, so gewahrt man leicht, dass diese Organe, ausser ihrer Beziehung zum Hör-Acte, zwei Functionen dienen. In erster Linie befördern sie die Wärmeregulirung sowohl durch ihre Haltung als auch namentlich durch die Aenderungen der Blutströmung in ihnen. Bei Frösteln legt das Thier die Löffel auf seinen Nacken und Rücken nieder, indem es sie activ anzieht, nicht aber passiv umfallen lässt, wie es nach Quintusdurchschneidung geschieht; und hierbei sind dieselben fast blutleer und zeigen das bekannte Gefässspiel (abwechselnd Erweiterungen und Verengerungen) nicht. In hoher Temperatur dagegen richtet das Kaninchen die Ohren activ auf, während sie blutüberfüllt sind, d. h. bei erweiterten Gefässen sehr reichlich von Blut durchströmt werden, und auch hier zeigen sie das Gefässspiel nicht. Dieses rhythmische Gefässspiel ist nur bei behaglichen äusseren Temperaturen vorhanden und bedeutet augenscheinlicherweise das mühelose Balanciren der überdies labilen Kaninchen-Eigenwärme. Dies nur nebenbei gesagt.

Bei mittlerer Temperatur der umgebenden Luft wird auch die Haltung der Löffel eine freiere; dieselben sind weder activ angezogen noch steif aufgerichtet ohne etwa passiv umzufallen; sie zeigen neben gelegentlichen ausgiebigen Bewegungen eine durchgehende (wenn auch dem Grade nach wechselnde) mittlere Aufrichtung, demnach eine mässige aber wirkliche tonische Innervation ihres Muskelapparates, über deren Natur der Beobachter allerdings im Unklaren sein wird: es steht zunächst dahin, ob diese tonische Innervation eine willkürliche, halbwillkürliche, automatische, reflectorische ist. Dagegen dürfte kein unbefangener und aufmerksamer Beobachter bestreiten, dass dieser Tonus und die Zu- und Abnahme desselben die mimische Innervation des Kaninchens bedeuten, seinen „Gesichtsausdruck“ und sein „Mienenspiel“ darstellen.

Wie erwähnt wird in Folge der Durchschneidung des (sensiblen) Trigeminus-Stammes einer Seite der (an sich motorisch ungelähmte) Löffel

derselben Seite lahm gelegt d. h. der Tonus verschwindet auf dieser Seite. Da drängt sich der Gedanke auf, jener Tonus war reflectorisch bedingt. Verdächtig ist nur die strenge Beschränkung des angeblichen Reflexes auf die mimischen Muskeln ausschliesslich derselben Seite.

Aber eine solche Beschränkung von Reflexen besteht hier thatsächlich und folgender Versuch beweist, dass vom Trigeminus her ausschliesslich die Ohrlöffel-Muskeln derselben Seite reflectorisch in Action gesetzt werden:

Man nehme ein normales Kaninchen[1] und kraue ihm die eine Wange: nur der Löffel dieser Seite wird sich maximal aufrichten und etwas um seine Axe nach vorn und aussen drehen, während seine Spitze sich von der Medianlinie entfernt und nach aussen bewegt. Dieser unermüdliche Reflex greift nie auf die andere Seite über (solange nicht Schmerz erzeugt wird) und versagt nur bei psychischer Aufregung des Thieres (Reflexhemmung). Tactile Reizung der Trigeminus-Peripherie gibt also einseitigen Reflex auf die Ohrhaltung: dies in Verbindung gebracht mit der Thatsache, dass die Durchschneidung des Trigeminus die mehr oder weniger gleichmässig anhaltende, spontan vorhandene tonische Ohrmuskel-Innervation einseitig verschwinden lässt, beweist einen vom Quintus her reflectorisch veranlassten und unterhaltenen Tonus der (mimischen) Ohrlöffel-Muskeln.

In welchem Sinne unsere Beobachtung in physiologischer Beziehung allgemeiner zu verwerthen ist, bedarf kaum der Aussprache: gegenüber den Thatsachen, welche angeführt worden sind um das Vorhandensein eines reflectorisch bedingten Tonus an Extremitäten- und Rumpf-Musculatur zu statuiren, hat unser Versuch den Vorzug der Beweiskraft: der zu prüfende Körpertheil (Ohrlöffel) ist bei uns in seiner natürlichen Lage gelassen und hierdurch sind die Zweifel gehoben, die den bisherigen Experimenten anhafteten. Während bei diesen die abnorme Stellung des Körpertheiles oder der Mangel naturgemässer Unterstützung desselben einen abnormen Reflex erzeugen mochte; während also hier möglicherweise eine in der Norm gar nicht bestehende Innervation bloss bei Gelegenheit des irritirenden Experimentes hervorgerufen sein konnte: ist bei uns ohne jeden weiteren Eingriff nach blosser Durchschneidung des sensibeln Nerven ein vorher direct beobachteter „Tonus“ beseitigt.

Die mitgetheilte Erfahrung würde vielleicht die durchsichtigste und einwandfreieste von allen den „Muskeltonus“ betreffenden Thatsachen sein, wenn ihr nicht zum Vorwurf gemacht werden könnte, eine cerebrale und

---

[1] Nicht jedes eignet sich zwar. Etwa 25 Procent aller Kaninchen haben den zu schildernden Reflex nur unvollkommen oder fast gar nicht. Die meisten zeigen ihn vorzüglich.

nicht eine spinale Function läge ihr zu Grunde. Namentlich wäre eine etwaige Betheiligung psychischer Apparate, an die doch bei „Gesichtsausdruck“ und „Mienenspiel“ ganz gewiss zu denken ist, ernstlich in Betracht zu ziehen; und wenn jener Reflextonus in der That an psychische Functionen gebunden sein sollte, so könnte selbstverständlich nur mit der allergrössten Vorsicht die Parallelisirung dieses Reflextonus mit der strittigen Erscheinung an der Rumpf- und Extremitätenmusculatur zugelassen werden.

Deshalb hielt ich es für wichtig, bei solchen Kaninchen, die einen guten Tonus in der Löffelhaltung und ausgesprochenen (einseitigen) Kitzelreflex zeigten, des genaueren nachzusehen, ob die Abtragung des ganzen Grosshirns, bez. umschriebener Theile desselben diese Erscheinungen verschwinden lassen oder nicht. Mein Ergebniss ist: Die genannten Vorgänge bleiben bestehen, wenn der Mantel der einen Hemisphaere abgetragen ist; auch dann noch wenn der Thalamus opticus, ferner das Corpus striatum, der ganze Fornix u. s. w. entfernt sind. Selbst vollständige Wegnahme beider Grosshirnhälften einschliesslich der centralen Ganglien ändert an jenem Reflexe nichts. Dieser Kitzelreflex und der mimische Tonus der Löffelhaltung sind also vom Grosshirn unabhängig und demnach Reflexvorgänge niederer Ordnung, welche nunmehr zu den spinalen Reflexen ohne Zwang in Analogie gesetzt werden dürfen.

Uebrigens beseitigt an derartig des Grosshirns beraubten Kaninchen die nunmehr sehr bequeme Durchschneidung des (z. B. rechten) Quintus den mimischen Tonus auf derselben (rechten) Seite.

Enthirnte Kaninchen, zumal wenn der Blutverlust erheblich war, kühlen sehr stark ab, — bei 15° C. Zimmertemperatur geht z. B. die Eigenwärme gelegentlich von 39·5° C. auf etwa 32°. **Ihrer Wärmeregulirung ist aber nicht etwa eine neue „Einstellung“ und zwar auf einen niedrigeren Temperaturgrad** durch die Verletzung **aufgenöthigt** worden, sondern dieselbe hat die Mittel zum erfolgreichen Widerstande gegen die Abkühlung verloren. Aber dennoch spielen, wenn auch vergeblich, die Regulationsapparate und kämpfen solange gegen die Abkühlung an, bis sie von uns künstlich annähernd wieder auf ihre Normaltemperatur erwärmt sind. So erklärt sich, dass zufällig stärker abgekühlte Thiere zunächst die anaemisirten Ohren an den Nacken activ anziehen, — was den Verlust des mimischen Tonus vortäuschen kann. Sobald man ferner durch Erwärmung die Innentemperatur des seines Grosshirns beraubten Kaninchens über 40° C. treiben will, so entfaltet das Thier die Gegenregulirung wie ein normales Kaninchen: die Löffel werden aufgerichtet, sind blutüberfüllt u. s. w.; die Innervation der Körpermusculatur vermindert sich, hört auf, die Körperhaltung erschlafft; die Respiration wird ungemein häufig. Die „Einstellung“ der Regulirung ist also ungeändert geblieben.

Ich glaube, dass bei allen Eingriffen in das Nervensystem, welche die Eigenwärme, sei es nach oben, sei es nach unten, ändern, in der soeben an-

gegebenen Weise durch vorsichtige künstliche Abkühlung und Erwärmung die Einstellungstemperatur, sozusagen der Nullpunkt der Regulation ermittelt werden sollte. Wenn sich dabei zeigen sollte, dass die Einstellung die normale (wie in unserem Falle) geblieben ist, so sind die Aenderungen der Eigenwärme, welche bei mittlerer Aussentemperatur der in Frage stehende Eingriff hervorbringt, ausschliesslich darauf zu beziehen, dass die Mittel zur Ersparung oder zur Fortschaffung der Wärme insufficient geworden sind. Ob nur eine relative Insufficienz bei gesteigerten Ansprüchen, oder ein Verlust an der ursprünglichen Leistungsfähigkeit vorliegt, wird im einzelnen festzustellen sein, worüber zu reden ein anderes Mal vielleicht passendere Gelegenheit sich darbietet. In unserem jetzigen Falle liegt dies zu weit ab. Hier sei nur darauf noch kurz hingewiesen, dass die bisherigen Arbeiten über den „Tonus der Skeletmuskeln“ (zumal bei Warmblütern) einen etwaigen Einfluss der Temperatur unberücksichtigt liessen —, während doch im Warmblüter der „Tonus“ mit seiner Wärmeerzeugung eine wichtige Rolle bei der Wärmeregulirung spielt.

Selbstverständlich zeigen Kaninchen ohne Grosshirn jenes spontane muntere Löffelspiel nicht, das unverletzte Thiere bei Behaglichkeit der Temperatur und sonstiger äusseren Umstände zumal in grösserer Gesellschaft zu entwickeln pflegen. Der „Gesichtsausdruck“ ist geblieben, das freiwillige „Mienenspiel“ verschwunden. Aber durch Krauen der Wange — also reflectorisch — ist das Spiel der Löffel künstlich zu erzeugen, — während andererseits an unverletzten Thieren der Kitzelreflex gehemmt versagt, sobald das Kaninchen in psychischer Aufregung sich befindet.

Sonach darf der Ausspruch gethan werden: Der (Kaninchen-) Gesichtsausdruck und das Mienenspiel haben ausserhalb des Grosshirns ihren reflectorisch erregbaren Centralapparat, der aber vom Grosshirn aus beeinflusst d. h. in und ausser Action gesetzt werden kann. Die tonische Action jenes Apparates, in gewisser Weise abhängig von äusserer und innerer Temperatur, ist die Folge der natürlichen, jedenfalls von der Haut und höchst wahrscheinlich auch von den sensiblen Elementen in den Muskeln ausgehenden und in den Fasern des Trigeminus stets — stärker oder schwächer — verlaufenden Erregungen. Jene Action wird daher — abgesehen vom Einflusse des Grosshirns — verstärkt, wenn diese Erregungen zunehmen: Berührung des Gesichts, — und so entstehen, zumal bei periodischer Summirung wie bei Krauen und Kitzeln: „Mienen“ und Mienenspiel auf rein reflectorischem Wege ohne Beihülfe des Grosshirns und zwar zunächst nur auf der gereizten Seite.

Diesen einseitigen reflectorischen Mienen auch beim Menschen (und hier selbstverständlich am kleinen Kinde) nachzuspüren, lag jetzt nahe. Die folgende, in diesem Sinne vorgenommene Beobachtung habe ich in Erlangen mit Hrn. Collegen Kiesselbach gemeinschaftlich gemacht: Bei einem sechs Monate alten Kinde erfolgte auf Streicheln der einen Wange stets ausgesprochenes

Lächeln nur dieser Seite. Jüngere Kinder,[1] die spontan noch nicht lächeln, sind auf diese Weise zu einseitigem (bei doppelseitiger tactiler Reizung zu vollständigem) Lächeln zu bringen, — es ist hier also nicht die Seele des Kindes, welche das erste Lächeln erzeugt. Wie ich nachträglich gehört habe, soll unter den Hebammen diese künstliche Hervorrufung des Lächelns bekannt sein und öfter um die Eltern in gute Stimmung zu versetzen geübt werden; und gewiss hat schon lange vor uns mancher Geburtshelfer die Einseitigkeit und das reflexartige dieses Vorganges richtig gesehen. Wenn die Kinder über das erste[2] Lebensjahr etwa hinaus sind, so schwindet die Einseitigkeit des Reflexes und der Reflexapparat dürfte mit den Jahren so sehr unter die Herrschaft des Grosshirns gerathen, dass am (selbst ganz unbefangenen) Erwachsenen durch Streicheln und Kitzeln (von psychisch bedingtem Lächeln dabei natürlich abgesehen) nur noch bei individueller allgemeiner „Kitzlichkeit“ Lächeln zu erzielen ist, welches dann, weil doppelseitig, die Deutung des Entstehens durch Grosshirnimpulse zum mindesten zulässt, während das einseitige künstliche Lächeln des kleinen Kindes sicherlich in Analogie zu dem einseitigen Ohrlöffelreflex des Kaninchens nach Krauen der Wange gesetzt werden darf — also einen Reflex niederer Ordnung bedeutet.

Soweit das an Thatsachen und Auffassungen von mir zu gebende.

Sind in der Physiologie diese Thatsachen und die aus ihnen gezogenen Schlüsse vollständig neu? Entbehrt ferner für den Nervenpathologen das Vorgetragene des Zusammenhanges mit dem klinischen Wissen? Diesen Fragen wollen wir näher treten.

Die hier ausgesprochenen Auffassungen waren und sind der Physiologie fremd, und nach den heutigen Hand- und Lehrbüchern, sowie nach

---

[1] Nach den Beobachtungen an dem Kinder-Materiale der Erlanger Entbindungsanstalt, welches Hr. Zweifel mir in liebenswürdiger Weise zur Verfügung stellte, scheint (bei normalen, rechtzeitig geborenen Kindern der dortigen Bevölkerung) der Reflex sich meistens erst etwa am 7. Tage zu entwickeln; vor dem 5. Tage habe ich ihn niemals gesehen. — Indess ist die Zahl der beobachteten Fälle (17) viel zu klein, um eine Regel geben zu können. Bei einer Frühgeburt (8. Monat) trat der Reflex auch schon nach 7 Tagen auf; die Summirung der äusseren Reize, nicht das Alter des Reflexapparates bestimmt also die Zeit des Eintritts. Hr. Dr. Greder, Assistenzarzt der gen. Anstalt, hat mich durch seine Beihilfe bei diesen Beobachtungen zu grossem Danke verpflichtet. — Ob jene reflectorische Gesichtsverziehung schon in den ersten Wochen die Bezeichnung „Lächeln“ verdient, lasse ich dahingestellt; später erhält man jedenfalls echtes Lächeln.

[2] Diesen Zeitpunkt allgemein auch nur annähernd zu bestimmen reichen meine Beobachtungen der Zahl nach nicht aus.

den neueren physiologischen Originalarbeiten zu urtheilen, welche über Reflextonus,[1] Trigeminus, Facialis und derartiges handeln, sind dem heutigen Stande dieser Wissenschaft auch die mitgetheilten Thatsachen vollständig neu. Indessen: die historische Wahrhaftigkeit fordert von uns nachträglich auch unter den längst als „irrthümlich“ abgethanen Dingen der Vergangenheit nachzuforschen, um jedem das Seine zu lassen und zu geben.

Hier ist Magendie[2] zu nennen. Unter Magendie's vielen, längst widerlegten irrthümlichen Angaben findet sich etwas, was hierher gehört und nur deshalb als abgethan vergessen wurde, weil man für selbstverständlich hielt, es auf dieselben Versuchsfehler zu beziehen, wie die anderen als Irrthümer erwiesenen analogen Behauptungen Magendie's, und dies um so mehr, als die Deutung, die Magendie den angeblichen Thatsachen gab, sie zu Unmöglichkeiten machte und geradezu als Versuchsfehler zu erweisen schien.

Magendie behauptete nämlich, dass nach intracranieller Durchschneidung des einen Trigeminus der Acusticus derselben Seite die Fähigkeit verliere, die Gehörswahrnehmung zu vermitteln, und dass ebenso auf dieser Seite das Sehvermögen augenblicklich aufhöre; ferner lässt er als sofortige Folge der Operation den Geruch auf dieser Seite verschwinden und den Facialis „sogleich zur Bewegung untauglich“ werden, denn „ein motorischer Nerv kann, obgleich er seine Sensibilität nur von einem sensiblen Nerven erhält, der Bewegung doch nicht mehr vorstehen, wenn seine anastomotischen Verbindungen mit diesem Nerven zerstört sind.“ Vom Standpunkte der heutigen Physiologie aus könnte man sich veranlasst sehen zu sagen: „Soviel Angaben und Auffassungen — ebenso viele Irrthümer!“ Joh. Müller versuchte die seltsamen Resultate Magendie's aus den unvermeidlichen Verletzungen des Schläfenlappens zu erklären. Longet,[3] welcher wohl am energischsten die Irrthümer seines Landsmannes Magendie bekämpfte, hat für das Taubwerden nach Quintusdurchschneidung folgende boshafte, allerdings ausreichende Erklärung: „Ich habe bereits nachgewiesen, dass der unmittelbare Verlust des Gesichts und des Geruchs eine völlig grundlose Annahme sei; über den Werth dieser Angabe in Bezug auf das Gehör klärt uns Magendie selbst unabsichtlich auf, in-

[1] Siehe B. Eckhard in Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. II. 2. S. 67 ff. und Sigm. Mayer, *ebenda.* Bd. II. 1. S. 240 ff und S. 252; ferner: J. Mommsen, Beitrag zur Kenntniss des Muskeltonus. Virchow's *Archiv.* Bd. CI. S. 22.

[2] *Journal de physiologie expérimentale.* 1824; — *Leçons sur le système nerveux et ses maladies.* 1839 (Uebersetzt von Krupp, Leipzig 1841) und viele andere Stellen.

[3] *Anatomie und Physiologie des Nervensystems des Menschen und der Wirbelthiere.* Uebersetzt von J. A. Klein. Leipzig 1849. S. 140.

dem er sagt: „„Die Wirkungen auf das Gehör sind um so hervorstechender, als der Hörnerv in den meisten Fällen mit dem dreitheiligen Nerven durchschnitten wird.““ Soviel mir bekannt ist, hat kein Physiolog je daran gezweifelt, dass Durchschneidung der Hörnerven unmittelbaren Verlust des Gehörs zur Folge habe.“

Wenn auf diese Art Magendie's Angabe bezüglich des Gehörs aus der Physiologie hinausgewiesen wurde, weil er bei seiner Operation „in den meisten Fällen“ das Felsenbein zertrümmerte — (was ja in der That jedem Experimentator gelegentlich begegnet) —, so lag die Erklärung für die Facialisparalyse erst recht auf der Hand: sie war die Folge einer Verletzung des Facialisstammes. So verschwand Magendie's Behauptung, eine Facialisparalyse gehöre zu den Consequenzen der Quintusdurchschneidung, aus der systematischen Physiologie und fiel als einer seiner Irrthümer der Vergessenheit anheim. Und in der That ist das, was er hierüber sagt, an sich ein elementarer Irrthum: Der Facialis ist nach uncomplicirter Trigeminusdurchschneidung nicht „zur Bewegung sogleich untauglich“ und er kann trotz Magendie „der Bewegung vorstehen“. Denn erstens giebt faradische Reizung des Facialis ungeschwächte Reaction aller von ihm versorgten Muskeln; zweitens, und dies ist schlagend, hebt das Thier beide Ohrlöffel, rümpft die Nase u. s. w., sobald durch ein Geräusch seine Aufmerksamkeit erregt oder auf der gesunden, nicht-anaesthetischen Gesichtshälfte ihm Schmerz erzeugt wird: — der Löffel ist eben gar nicht gelähmt. Die Unrichtigkeit der Behauptung Magendie's, dass allgemein ein motorischer Nerv seine Muskeln nicht mehr zur Contraction bringen könne, wenn die Anastomosen mit sensiblen Nerven abgetrennt sind, leuchtet ohne weiteres ein.

Aber zugegeben, dass Magendie „in den meisten Fällen“ den Facialis mit verletzt hatte, so müssen ihm zuweilen doch auch uncomplicirte Fälle und in diesen die thatsächlich vorhandenen und von ihm als Folge der blossen Trigeminusdurchschneidung aufgefassten Störungen im Facialisgebiete zu Gesicht gekommen sein. Obgleich er also meistens die uns interessirenden Thatsachen gar nicht vor Augen gehabt und sie, wo er sie sah, nie in der Einschränkung ihres Umfanges beobachtet hatte; obgleich er endlich dem gesehenen eine gänzlich unrichtige Deutung gegeben: Er hat die Störungen im Facialisgebiete nach uncomplicirter Trigeminusdurchschneidung thatsächlich gesehen. Aber er hatte weder die Haltung und Bewegungen der Ohrlöffel einer Beachtung gewürdigt noch den Kitzelreflex gekannt; es war ihm sowohl die Thatsache verborgen geblieben, dass eine wirkliche Facialisparalyse überhaupt nicht vorliege, als auch die Erkenntniss, dass jene scheinbare Facialisparalyse durch den Fortfall eines reflectorischen Tonus bedingt sei.

Bei den Neuropathologen dürften die von mir mitgetheilten That-

sachen und Auffassungen Befremden nicht erregen, vielmehr als eine erwünschte Vervollständigung des Wissens begrüsst werden. Freilich, das Mittelglied zwischen unserer Beobachtung und der klinischen Quintuspathologie steht eigentlich noch heute aus; die reflectorisch-tonische Natur des „ruhenden“ Gesichtsausdruckes hätte zur Discussion gestellt werden können, wo immer an Kranken im Gefolge einer ausgebreiteten Quintusanaesthesie ein Verfallen, eine Verflachung des ruhenden Gesichtsausdruckes beobachtet worden wäre — was eben nicht geschehen ist; wenigstens habe ich, auch nach Erkundigung an competenter Stelle, in der Litteratur darüber nichts aufzufinden vermocht. Ich glaube aber nicht, dass hieraus der Schluss gezogen werden kann, der ruhende Gesichtsausdruck der anaesthetischen Seite sei stets ungetrübt geblieben; vielmehr möchte ich gerade durch meine Mittheilungen die Aufmerksamkeit der Pathologen auf diesen Punkt lenken und vermuthe, die Zukunft wird positive Beobachtungen liefern; es möchten für die angeregte Aufmerksamkeit bei (einseitiger) Quintusanaesthesie noch Unterschiede des ruhenden Ausdrucks der rechten und der linken Seite erkennbar werden, die bisher der Constatirung um so eher entgangen sind, als gewisse Störungen des an sich auffallenderen Mienenspieles, d. h. also des bewegten Gesichtsausdruckes das Interesse der Beobachtung thatsächlich auf sich gezogen haben.

Zwar wurde bei einem Falle partieller Quintusanaesthesie von Romberg[1] ausdrücklich angegeben, dass jede Störung der mimischen Bewegung fehlte: in der Mehrzahl der Fälle aber, wenn nicht gar bei allen[2] ausgedehnteren Anaesthesien scheinen Störungen derselben vorzukommen, indem das Mienenspiel zwar ausführbar aber irgendwie beeinträchtigt ist.

An einer anderen Stelle[3] sagt Romberg von einem derartigen Falle: „Die Bewegungen der Gesichtsmuskeln linkerseits waren zwar ausführbar, jedoch in gewissem Grade beschränkt, wie dies beim Versuch, eine schnüffelnde Bewegung der Nasenflügel zu machen, deutlich hervortrat,“ und in einem zweiten Falle:[4] „Die Bewegungen der linken Gesichtsmuskeln sind zwar auch in diesem Falle erschwert, doch insgesammt ausführbar, so dass ein Verlust der Leitung im Facialis nicht vorhanden ist.“ In seinem „Lehrbuch der Nervenkrankheiten“ veröffentlicht er eine Beobachtung, die

---

[1] *Anaesthesie im Gebiete des Quintus.* Berlin 1838.

[2] Die einmalige Angabe Abercrombie's (citirt in Romberg's *Lehrbuch der Nervenkrankheiten.* I. 1851. S. 252) in seinen *Pathol. and pract. Researches* 1836. p. 424 „die Bewegung der übrigen Gesichtsmuskeln war ungestört“ ist offenbar nur so gemeint, dass die willkürlichen Bewegungen ungelähmt waren.

[3] *Klinische Ergebnisse.* Berlin 1846. S. 12.

[4] A. a. O. S. 15.

Dr. Rigler in Constantinopel 1843 machte und erwähnt dabei:[1] „— der Willensimpuls regte jedoch die Muskeln zur Action an, wenn auch nicht mit derselben Kraft und Schnelligkeit, wie auf der rechten Seite.“

Hasse[2] schreibt in seinem Handbuche allgemein: „die willkürlichen Bewegungen der leidenden Seite sind in der Regel torpider als im normalen Zustande.“

Erb:[3] „Die vom Facialis innervirten Gesichtsmuskeln sind der willkürlichen Bewegung in vollkommener Weise fähig; doch erscheinen die Bewegungen der anaesthetischen Gesichtshälfte nicht selten gehemmt und mehr träge.“

James Roy:[4] „— and although the muscles supplied by the seventh are not paralysed, yet the facial movements on the anaesthetic side are slow and imperfect.“

Eine Discussion dieser mimischen Störung und ihrer physiologischen Bedeutung ist, soviel ich finde, nicht vorgenommen worden. Die theoretische Auffassung der Autoren hierüber war offenbar diese: das Bewusstsein wird in Folge der Anaesthesie über den Grad der Contraction in den mimischen Muskeln und über die Haltung und Stellung der sonstigen Weichtheile des Gesichts nicht mehr unterrichtet; daher kann die Seele die mimischen Bewegungen jetzt ebensowenig correct ausführen, wie etwa gewisse Handarbeiten bei (cutaner) Anaesthesie der Fingerspitzen. Unsere Beobachtungen dagegen weisen auf die Möglichkeit hin, dass der nervöse, ausserhalb des Grosshirns gelegene mimische Centralapparat in Folge des Ausfalles ihm sonst reflectorisch zugeleiteter Erregungen eine Störung seiner Function erlitten habe.

In gewisser Beziehung zu dem von uns behandelten Gegenstande stehen die allgemein bekannten klonischen Facialkrämpfe, die in Paroxysmen von Trigeminus-Neuralgien auftreten. Es besteht wohl keine Meinungsverschiedenheit unter den Neuropathologen darüber, dass jene Krämpfe als reflectorische, vom Bewusstsein bez. Grosshirn unabhängige und an sich rein-pathologische Erscheinung zu deuten sind. Unsere Beobachtungen dagegen führen zu der Betrachtung, es handle sich hierbei nicht um Einführung neuer und in der Norm gar nicht existirender Reflexvorgänge, sondern nur um eine zeitlich wechselnde graduelle Steigerung des normalen Reflextonus.

---

[1] S. 254.

[2] Virchow's *Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie.* 1855. Bd. IV. 1. S. 110.

[3] *Handbuch der Krankheiten des Nervensystems.* 1874. Bd. I. S. 201. (In Ziemssen's *Sammelwerken.*)

[4] *A Treatise on the diseases of the nervous system.* 1883. (2. edit.) vol. I. p. 494.

Chapmann[1] constatirte im weiteren Verlaufe eines solchen Tic convulsif zuweilen eine schwache aber gleichmässig andauernde (active) Contractur auf der erkrankten Seite (so dass z. B. bei rechtsseitigem Gesichtsschmerze der Mund nach rechts verzogen erscheine). Freundlicher brieflicher Mittheilung entnehme ich, dass Hr. Westphal analoge Beobachtungen schon seit längerer Zeit mehrfach gemacht hat.

Die erwähnte Contractur erscheint in unserer Auffassung als eine einfache durch die pathologisch verstärkten centripetalen Erregungen verursachte Steigerung des normalen Reflextonus.

---

[1] *Neuralgia.* London 1873. p. 7: „The facial muscles of some patients assume a slightly tetanoid condition — a feeble but prolonged spasm, which imparts a fixed and peculiarly stolid expression to the countenance.“

Ueber „Generationswechsel“ bei Säugethieren.[1]

Von

Dr. Hermann von Jhering,
Naturalista des brasilianischen Reichsmuseums.

Der in wenig erforschten Gebieten lebende Naturforscher wird gar häufig auf Erzählungen der Eingeborenen aufmerksam, die er zunächst viel eher geneigt ist als Aberglauben oder Jägerlatein zu verlachen, als ihnen irgendwie Glauben zu schenken. Und doch möchte ich nach meinen Erfahrungen gerade umgekehrt es befürworten, niemals mit der souveränen Verachtung und Ueberlegenheit des gebildeten Forschers der Einfalt des Volkes zu spotten, sondern umgekehrt aus derartigen fabelhaften Erzählungen den Anlass zu nehmen, um den durch sie behaupteten Vorgängen nachzuforschen und auf den Grund zu kommen. So z. B. ist es nicht, wie behauptet wurde Fabel, sondern oft erprobte Thatsache, dass die Brüllaffen (Mycetes fuscus), wenn sie incommodirt werden und nicht gleich die Flucht ergreifen, zur Vertheidigung ihre Excremente in die Hand entleeren und mit ziemlicher Sicherheit das stinkende Geschoss nach dem Störenfried schleudern. So ist es auch oft und zuverlässig beobachtet, dass die Caninana (Spilotes variabilis) von Kühen Milch trinkt, und deshalb bezweifle ich auch nicht, dass die mir mitgetheilten Fälle von Caninana's, welche von stillenden Frauen Milch soffen, auf Wahrheit beruhten, wenn auch die brasilianische Volksversion, wonach die saufende Schlange unterdessen dem Säuglinge die Schwanzspitze in den Mund stecke, damit er Ruhe gebe, wohl ohne Weiteres als poëtische Zuthat in Anspruch genommen werden darf.

---

[1] Der zwischen Anführungszeichen gesetzte Abschnitt des nachstehenden Aufsatzes ist unter dem Titel: „Ueber die Fortpflanzung der Gürtelthiere“ der Akademie der Wissenschaften am 26. November v. J. von Hrn. Waldeyer vorgelegt und in den *Sitzungsberichten* (2. Hlbbd. 1885. S. 1031 ff.) abgedruckt worden.

Der in Brasilien reisende, oder mehr noch der daselbst ansässige Naturforscher wird gar häufig überrascht durch die Summe guter naturhistorischer Beobachtungen und Erfahrungen, welche man bei der ländlichen Bevölkerung antreffen kann. Mit der Prüfung derselben ergeht es dann dem Zoologen nicht selten wie mit manchen der feinen Beobachtungen des Aristoteles, welche erst unser Jahrhundert wieder zu Ehren zu bringen berufen war. Ein schlagender Fall der Art ist der folgende auf die Fortpflanzung der Gürtelthiere sich beziehende.

„Schon im vorigen Jahrhundert theilte Azara mit, das von dem in Paraguay und Argentinien lebenden Gürtelthiere Praopus hybridus Desm. die einheimische Bevölkerung behaupte, dasselbe bringe bei jedem Wurfe stets nur Junge eines Geschlechts zur Welt. Auch Burmeister (Description physique de la République Argentine. Vol. III. 1879. p. 433) erwähnt dieser Sage, aber weder er noch andere Zoologen haben sich selbständig mit der Frage befasst. Da auch mir die gleiche Behauptung hier begegnete und die Mulita, eben der Praopus hybridus, hier nicht selten ist, so nahm ich mir vor die Angelegenheit zu studiren, und es war mir möglich zweimal kräftige Weibchen zu erhalten. In beiden Fällen traf ich acht Foeten im Uterus, welche jedesmal nicht nur alle auf absolut gleicher Entwickelungsstufe standen, sondern auch alle das gleiche Geschlecht hatten. Es waren in beiden Fällen männliche Embryonen, deren Penis auch in dem ersten, ein erheblich jüngeres Entwickelungsstadium repraesentirenden Falle schon die typische, am Ende etwas dreilappige Form, welche für diese Art charakteristisch ist, aufwies. Bei dem zweiten Thiere war der Penis des Foetus schon fertig entwickelt, das Orificium urethrae offen, ein Irrthum in der Bestimmung des Geschlechtes daher unmöglich. Was aber mehr als der positive Befund der Uebereinstimmung des Geschlechtes aller Jungen mein Interesse in Anspruch nahm, war das Verhalten der Eihäute, welches zugleich die Erklärung für die Verhältnisse lieferte. Es zeigte sich nämlich, dass zwar jede Frucht ihr eigenes Amnios besass, alle zusammen aber nur ein einziges gemeinsames Chorion.[1] Das letztere ist glatt und liegt lose der Uteruswand an, aber im oberen Theil des Uterus nahe dessen Fundus besteht ringförmig eine Verwachsung der Uterusschleimhaut mit der hier in's Chorion eingeschalteten Placenta. Es besteht hier eine ringförmige Placenta, die aber mit der gleichnamigen der Raubthiere nichts gemein hat, indem sie eine Placenta annularis composita ist. Jede der acht scheibenförmigen

---

[1] Es liegen also hier dieselben Verhältnisse vor, wie sie Kölliker bezüglich der Eihäute von Dasypus (Praopus) novemcinctus beschrieben hat. (*Entwickelungsgeschichte* II. Aufl. S. 362.) Ueber das Geschlecht der Foeten findet sich daselbst keine Angabe. [Anmerkung von Hrn. Waldeyer in den *Sitzungsberichten*.]

Placenten stösst mit den Rändern der zwei nächsten zusammen, alle gemeinsam bilden dann den zur Längsaxe des Uterus senkrecht stehenden Ring. Im jüngeren Stadium (Chorionblase 70 mm Durchmesser) war die Verwachsung eine sehr innige, im späteren eine lockere und glaube ich nach dem Befunde annehmen zu müssen, dass die Decidua schon lange vor der Geburt sich von der übrigen Uterusschleimhaut absondert und in fester Verbindung mit der Placenta foetalis bleibt, wie das nach meinen allerdings erst wenig umfassenden Erfahrungen (Felis, Mephitis — mit nicht ringförmiger Placenta, da ein ca. $^1/_5$ des Ringes einnehmender Theil nur braun pigmentirte freie Zotten trägt, aber nicht zur Placenta entwickelt ist) auch bei den Raubthieren der Fall zu sein scheint. Die südamerikanischen Edentaten dürften daher wohl alle zur Gruppe der Deciduaten gehören. Noch bemerkt sei, dass ausser den mit Amnios versehenen acht Foeten im ersten Falle noch vier linsen- bis bohnengrosse Keimblasen im Chorionsack eingeschlossen waren, von denen die grösste einen verkümmerten Embryo enthielt. Drei derselben waren kettenförmig aneinander gereiht.

Näher auf Einzelheiten einzugehen liegt mir in dieser ersten vorläufigen Mittheilung fern, nur noch auf eine mir auffällige Beobachtung aus der Embryologie der Edentaten möchte ich hinweisen. Die langen zum Theil enormen Krallen, welche die Gürtelthiere und Ameisenbären auszeichnen, entstehen nämlich nicht wie diejenigen der Raubthiere als äusserlich freie über die Spitze der Endphalange hervorragende Theile, sondern werden im Inneren einer völlig anders gebauten, breiten foetalen Endphalange angelegt wie ich das an Foeten von Myrmekophaga tetradactyla wie von Praopus hybridus beobachten konnte. Bei weit entwickelten Foeten der letzteren Art mit bereits geöffneten Augen, aber durch eine zarte Membran verschlossenen Nasenlöchern, ist das Ende der Finger und Zehen breit, etwas dreilappig und plump, so dass man eher meinen möchte, es mit dem Foetus eines Hufthieres zu thun zu haben als mit dem eines Tatú. Durch die Endphalange sieht man die im Inneren bereits angelegte Kralle durchschimmern, deren morphologische Bedeutung erst eingehendere Studien erweisen können. Jedenfalls aber liegt hier ein interessanter Fall von Atavismus vor, für dessen Erklärung darauf hingewiesen sei, dass die Endphalangen der fossilen Vorläufer unserer Tatús, der Glyptodonten, nicht sichelförmig, sondern breit, kurz und plump, und, wie ich vermuthen möchte, von einer klauen- oder hufförmigen Hornscheide im Leben überzogen waren. Gleichviel ob diese Annahme zutreffe oder jene Burmeister's von einem „*callo terminal*“, sicher lag die Endphalange im Inneren eines breiten Zehengliedes, wie schon ihre zahlreichen Gefässöffnungen beweisen. Zu dem völlig abweichenden Verhalten der mit mächtiger Sichelkralle versehenen lebenden Gürtelthiere schlägt nun die foetale Ausbildung des Praopusfusses die Brücke. So viel

mir bekannt, liegen über diese sonderbare Metamorphose des Armadillfusses bisher keine Angaben vor."

Für das Verständniss der eigenartigen hier mitgetheilten Fortpflanzungs-Verhältnisse von Praopus — auch bei Praopus novemcinctus sollen alle Jungen eines Wurfes einerlei Geschlechtes sein — ist es nöthig an die vom Menschen bekannten Entwickelungsanomalien anzuknüpfen. Wenn das menschliche Weib Zwillinge zur Welt bringt, sind bekanntlich zwei verschiedene Fälle auseinander zu halten:

1, Jede Frucht hat ihr eigenes Chorion, das Geschlecht der Zwillinge ist bald übereinstimmend, bald verschieden, was sich aus dem Umstande erklärt, dass jedes der beiden Kinder einem besonderen Eierstocksei entstammt.

2. Beide Früchte besitzen nur ein einziges gemeinsames Chorion, und die aus ein und demselben Eierstocksei hervorgegangenen Zwillinge sind unabänderlich gleichen Geschlechtes.

An letzteren Fall knüpft nun die hier mitgetheilte Thatsache unmittelbar an. Da wir gegenwärtig wissen, dass das Geschlecht des Embryo durch die Befruchtung des Eies entschieden wird, so ist es auch selbstverständlich, dass wenn aus Einem befruchteten Eie mehrere Embryonen sich entwickeln alle einerlei Geschlechtes sein müssen. Was beim Menschen nur als Abnormität auftritt, ist bei Praopus die Regel, nur geht die Spaltung des Keimes sehr viel weiter. Bei Praopus novemcinctus bilden 4 bis 5 oder 6 Junge die Regel, bei Praopus hybridus 8 bis 11. In einem Falle konnte ich auch nachweisen, dass einige der zahlreichen Spaltungsproducte des primitiven Eies verkümmerten, wie das ja auch bei anderen Thiergruppen z. B. vielen Schnecken beobachtet ist. Wie aber beim menschlichen Weibe die mehrfache Geburt nicht nur Ausnahme ist, sondern auch seiner Organisation nicht entspricht, so ist das in noch höherem Grade hier der Fall. Um dies zu ermessen, muss man in Betracht ziehen, dass bei Praopus nur zwei Paar Zitzen existiren. Im Allgemeinen besteht ja bei den Säugethieren eine Correlation zwischen der Zahl der Zitzen und jener der Jungen eines Wurfes, so zwar, dass, wie Milne Edwards[1] sich ausdrückt, im Allgemeinen auf jedes Junge eine Zitze entfällt. Schon bei Praopus novemcinctus muss die Ernährung der Jungen leiden, wenn ihrer 5 bis 6 geboren werden, wie viel mehr erst bei Praopus hybridus, wo 8 bis 11 Junge oder selbst 12 auf einmal geworfen werden, und doch nur 4 Brustdrüsen existiren. Kein Wunder daher, wenn, wie wir von Burmeister[2] erfahren, die Hälfte dieser

[1] H. Milne Edwards, *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée.* Paris 1870. t. IX. p. 129.

[2] Burmeister, *Description physique etc.* l. c. p. 429.

allzureichlichen Schaar von Nachkommen meist bald nach der Geburt stirbt. Dieses unzweckmässige Verhältniss sei Jenen zur Beachtung empfohlen, welche noch im naiven Glauben vergangener Zeiten befangen, wähnen, die Weisheit des Schöpfers habe Alles in der Natur auf's Beste und Zweckmässigste geordnet, nicht minder aber dürfte es auch die Aufmerksamkeit jener Naturforscher verdienen, welche noch auf dem Standpunkte Darwin's stehend in der natürlichen Zuchtwahl das treibende Moment für die Umbildung der Arten aufgedeckt glauben. In Wahrheit aber ist weder die Auslese im Kampfe um's Dasein, wie die Theorie sie fordert (ausser in vereinzelten Fällen wie *Mimicry* u. s. w.) im Stande, die Verwandlung des gesammten Organismus mit Einschluss unbedeutender anatomischer und morphologischer Details zu erklären, noch auch ist die Variabilität des Organismus eine allseitige, wie ja eben dieser Fall demonstrirt. So wird man sich begnügen müssen die ihren Ursachen nach meist oder fast durchweg unerklärliche Variabilität als Thatsache hinzunehmen, an welche direct die Neubildung der Arten anknüpft. Es sei mir gestattet hier auf den vor Jahren von mir entwickelten Erklärungsversuch hinzuweisen.

In der Einleitung zu meinem Buche über das peripherische Nervensystem der Wirbelthiere (Leipzig 1878 S. IX) wies ich auf die Unmöglichkeit hin, die Vermehrung der Zahl der Halswirbel der Faulthiere durch die natürliche Zuchtwahl zu erklären. „Dass ein mit acht Halswirbeln versehenes Individuum vor den mit sieben ausgestatteten einen so entschiedenen Vorzug besitze, dass es im Kampfe um's Dasein bessere Chancen habe durchzukommen, dürfte wohl kaum Jemand behaupten mögen. Die natürliche Zuchtwahl kann hier nicht herangezogen werden, um so weniger als dieselbe ja überhaupt nur die vorhandenen Varietäten verwerthen, nicht aber deren häufigeres Erscheinen veranlassen kann. In extrem seltenen Fällen treten auch bei anderen Säugethieren acht Halswirbel auf, aber von diesen vereinzelten Fällen kann keine Artenbildung ausgehen. Die Vermehrung der Halswirbelanzahl bei den Faulthieren kann ihren Grund nur darin haben, dass diese Varietät häufiger als bei anderen Gattungen aufgetreten ist, dass sie statt etwa in 0·001 Procent in 10, 20 Procent und mehr auftrat. Kann sich aber die Häufigkeit des Erscheinens einer neuen Varietät bedeutend steigern, so kann sie durch weitere Steigerung auf 60, 80 Procent und mehr schliesslich auch ohne alles Zuthun der Selection zur Regel werden. Entweder die Varietät tritt nur ganz selten auf, und dann ist sie für die natürliche Zuchtwahl gegenstandslos, oder sie erscheint immer häufiger und dann kann sie auch direct zum Ueberwiegen kommen. Auf diesem Wege nun, durch progressive Zunahme der Häufigkeit einer zuerst nur ausnahmsweise erscheinenden Varietät glaube ich, dass in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Artenbildung vor

sich gegangen sein wird." Es würde zu weit führen hier die mancherlei von mir in Brasilien gemachten neuen Beobachtungen mitzutheilen, welche mich in dieser Auffassung bestärkt haben.

Noch in anderer Richtung ist die hier mitgetheilte Entdeckung geeignet allgemeineres Interesse zu beanspruchen. Derartige Fälle in denen durch Theilung eines einzigen Eies oder Keimes regelmässig eine grössere Anzahl von Nachkommen entstehen sind jedenfalls bisher noch nicht sehr zahlreich bekannt. Ich kenne nur als Pendant die Beobachtung Kleinenbergs[1] an Lumbricus trapezoides, wo regelmässig aus einem Ei zwei anfangs durch eine Brücke verbundene Embryonen hervorgehen. Es existirt aber ein allgemeiner Grund, vorauszusetzen, dass das Hervorgehen von nur einem Individuum aus dem Eie im Thierreiche ein vorgerückteres später erworbenes Stadium repraesentire, denn bei den meisten Gruppen der Metazoen entwickelt sich nur ein Theil des Eies zum Embryo, indess ein anderer durch die erste Zelltheilung abgetrennter Theil desselben, der oder die sog. Richtungskörper, höchstens einen Anlauf zur Entwickelung nimmt, aber über die ersten Furchungsstadien nicht hinausgelangt und bald zu Grunde geht. Die Richtungskörper sind morphologisch nichts anderes als abortive Keime, mögen sie daneben immerhin wie Weismann[2] betont für das Ei auch in physiologischer Beziehung nicht bedeutungslos sein. Die Vermehrung durch Theilung, die älteste in der organischen Welt, ist auch in den höheren Thiergruppen nicht völlig beseitigt. In jedem Ei liegt potentiell die Fähigkeit, zahlreiche Embryonen aus sich hervorgehen zu lassen, und diese, bald zur Erzeugung mehrerer Embryonen aus einem Eie, bald nur zur Anlage von Doppelbildungen und ähnlichen Monstrositäten führende, bald mit der ersten Furchung bald erst in weiter vorgerückten Stadien der Entwickelung hervortretende Tendenz ist durch das ganze Thierreich mit Einschluss des Menschen erhalten. Die Theorie hat diesem wichtigen Verhältniss bisher nicht die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt. Man hat sich daran gewöhnt, wenn auch unbewusst, das Hervorgehen eines einzigen Embryo aus dem Eie als das normale und auch ursprüngliche Verhältniss anzusehen, während in Wahrheit das Entstehen mehrfacher Embryonen aus einem Eie das ursprüngliche Verhältniss gewesen sein muss, auf das nicht nur die Richtungskörper, sondern auch die in allen Thierclassen gelegentlich vorkommenden mehrfachen aus einem Ei entstehenden Nachkommen oder Doppelbildungen hinweisen, so dass im Gegentheile das Hervorgehen nur eines Embryo aus einem Eie den secundären und wohl zweckmässigeren Anpassungsvorgang repraesentirt.

---

[1] N. Kleinenberg, *Sullo sviluppo del Lumbricus trapezoides.* Napoli 1878.

[2] A. Weismann, *Die Continuität des Keimplasmas.* Jena 1885.

Das Verhältniss, welches ich für Praopus entdeckte, entfällt nach den zur Zeit herrschenden Anschauungen unter den Begriff des Generationswechsels. Haeckel, welchem das Verdienst gebührt, die theoretische Durcharbeitung dieses Gebietes zuerst in gründlicher dem Stande der modernen Entwickelungslehre entsprechender Weise versucht zu haben, unterscheidet für die geschlechtliche Zeugung (Amphigonie) zwei Hauptgruppen je nachdem die Producte des Eies ein einziges physiologisches Individuum oder Biont ist (Hypogenesis) oder aus mehreren Bionten besteht (Metagenesis oder Generationswechsel). Nach dieser im Wesentlichen noch geltenden Eintheilung fällt die Praopus-Fortpflanzung unter den Begriff des Generationswechsels, wobei die proliferirende Eizelle oder Keimblase als Amme zu gelten hätte. Eine solche Auffassung fügt sich nicht ohne Weiteres in das bestehende Schema, ist aber logisch berechtigt, da die Organisationshöhe der Amme für den Begriff des Generationswechsels irrelevant ist. Wenn es für die Auffassung des Vorganges gleichgültig bleibt, ob die Amme die Form der Insecten-Imago oder einer Salpe erreicht, oder diejenige der Redie oder Sporocyste oder der Echinococcusblase, so kann nach dieser Richtung keine Grenze gezogen werden und muss die Amme als solche anerkannt werden, wenn sie auch nur das Stadium der Gastrula, der Keimblase oder der Eizelle erreicht.

Andererseits führt eine derartige Auffassung zu der paradoxen Folgerung, dass die fraglichen Gürtelthiere nicht Kinder, sondern Enkel zur Welt bringen und dass das menschliche Weib, wenn es aus einem einzigen Eie entstammenden Zwillingen das Leben giebt, dadurch nicht Mutter, sondern Grossmutter wird. Solche aus den bestehenden Begriffen logisch deducirbare, aber trotzdem widersinnige Folgerungen weisen darauf hin, dass die bestehenden Begriffe nicht ausreichen, bez. der Erweiterung oder Aenderung bedürfen. Seit dem Erscheinen von Haeckel's 'Genereller Morphologie' sind in der That viele wesentliche Aenderungen der Auffassung eingetreten. Von der durch Fr. E. Schulze wieder beseitigten Alloiogenesis abgesehen, ist namentlich betreffs der Parthenogenesis viel Neues und die Anschauungen Aenderndes hinzugekommen Indem die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Aphiden auf Parthenogenesis zurückgeführt wurde, ist die Grenze zwischen Generationswechsel und Heterogonie verwischt, und das, wie Claus nachweist, um so mehr, als durch den Begriff der Larvenfortpflanzung oder Paedogenesis die Beziehungen noch inniger gestaltet werden. Die Paedogonie der Cecidomyien führt in der That zu jener der Trematodenlarven, und der Begriff des Generationswechsels wird aufgelöst in die Gruppe der durch Parthenogenesis und Paedogenesis verständlichen Entwickelungscyklen und in die Gruppe jener Fortpflanzungserscheinungen, in welchen die ungeschlechtliche Vermehrung der Ammen

auf Knospensprossung, Calycogenesis beruht. Hiermit ist jedoch die Summe der Modificationen nicht erschöpft, es bedarf eines weiteren Begriffes für diejenigen Fälle, in denen wie bei Praopus aus einem Ei zahlreiche sogleich zur Form der Eltern zurückkehrende Nachkommen hervorgehen und möchte ich für diesen auf Theilungsvorgängen an einem Ei bez. an dem daraus entstandenen Keime beruhenden Fortpflanzungsmodus den Namen der Temnogenesis vorschlagen. Letzterer Fall reiht sich insofern den zuvor besprochenen an, als auch bei ihm aus dem Ei nicht ein einziges Biont entsteht, sondern eine Anzahl solcher. Zur Unterscheidung beider Hauptgruppen schlage ich vor, alle Fortpflanzungsmodi bei denen direct oder mit Metamorphose aus dem Ei ein einziges Individuum hervorgeht als Hologene zu bezeichnen, weil die ganze Masse des Eies zur Erzeugung eines Bionten verwendet wird, im Gegensatze zur merogenen Fortpflanzung, bei welcher nur Theile des Eies zur Erzeugung je eines Individuums Verwendung finden, indem aus dem befruchteten Eie eine ganze Reihe unter sich gleichartiger oder in Bau und Fortpflanzung ungleichartiger und dann periodisch alternirender Organismen entsteht.

Danach ergiebt sich folgendes System:

I. Hologene Generation.

Aus dem befruchteten Eie entsteht nur ein einziges Individuum, mit oder ohne Metamorphose. (Hypogenesis nach Haeckel.)

II. Merogene Generation.

Aus dem befruchteten Ei entstehen zwei oder mehr Individuen, welche

A. direct zur Form und Fortpflanzungsweise der Eltern zurückkehren: Temnogenesis,

B. einen Gegensatz von verschiedenartig sich fortpflanzenden Individuen oder Generationen aufweisen (Generationswechel, Metagenesis).

a. Calycogenesis (Salpen, Medusen).
b. Paedogenesis (Cecidomyien).
c. Heterogenesis, wobei entweder beide Generationen getrennt geschlechtlich entwickelt sind, oder eine oder einige sich parthenogenetisch vermehren.

Rio Grande, Prov. Rio Grande do Sul, Brasilien, 25. Sept. 1885.

Die physiologische Bedeutung des Magenmundes der Honigbiene.

Vortrag auf der XXX. Wanderversammlung deutscher und deutsch-österr.-ungarischer Bienenwirthe gehalten

von

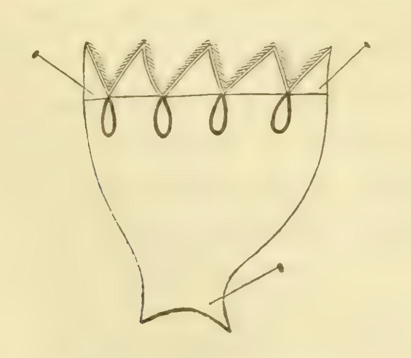
Pastor **Schönfeld**
in Tentschel bei Wahlstatt in Schlesien.

Wenn man den sogenannten Honigmagen einer Honigbiene einer aufmerksamen Beobachtung und Untersuchung unterzieht, bemerkt man an seinem unteren Theile, etwas seitwärts ein kleines Körperchen, etwa in der Grösse eines halben Mohnkornes, aus dessen Innerem uns ein gelblichrother Schein entgegenleuchtet. Dies Körperchen ist das Organ, das ich bei meinen Studien über das Herkommen und die Bereitung des Futtersaftes als einen zweiten, einen inneren Mund der Honigbiene kennen lernte, und über welches ich Ihnen einige Mittheilungen zu machen habe. Ich hoffe, dass diese Mittheilungen sofort Ihr ganzes Interesse in Anspruch nehmen werden, wenn ich Ihnen von vornherein sage, dass die Biene nur im Besitz dieses Organs sein kann, was sie ist, nämlich eine Honigbiene. Denn dies Organ allein befähigt sie in ihrem Honigmagen Honig aufzuspeichern und ihn dann in die Zelle zu giessen als Vorrath für sich und als Gewinn für ihren Züchter; dies Organ setzt sie in den Stand, sofort, wenn sie als Glied eines Schwarmes auszieht, mit dem Bau ihres Wachsgebäudes zu beginnen und giebt ihr die Möglichkeit, der strengen Kälte des Winters Widerstand zu leisten, vorausgesetzt, dass alle äusseren Bedingungen einer gedeihlichen Ueberwinterung — warmhaltende Wohnung und genügender Vorrath — vorhanden sind. Sie sehen, dass wir es hier mit einem der allerwichtigsten Organe der Biene zu thun haben, und wenn

wir von diesem Allen bisher nichts wussten und es auch den gelehrten Entomologen und Naturforschern nicht um ein Haar besser ging, weil diese wohl seit längerer Zeit schon das Vorhandensein dieses Organs und besonders seit Léon Dufour's[1] genauen Untersuchungen auch den anatomischen Bau desselben kannten, aber seine physiologische Bedeutung missdeuteten, so liegt die Erklärung nur darin, dass die gelehrten Entomologen und Naturforscher keine praktischen Bienenzüchter sind, und ihnen Zeit und Gelegenheit fehlt, dem Leben der Honigbiene auf seinen geheimnisvollen Schritten jahrelang andauernd nachzuspüren, wir Bienenzüchter aber andererseits wenig oder nichts von Anatomie und Physiologie verstehen.

Ehe ich jedoch die physiologische Bedeutung des Organs klar zu stellen versuche, muss ich wenn auch nur eine kurze und oberflächliche Beschreibung desselben vorausschicken, dabei auf die genaue Beschreibung und Zeichnung von Paul Schiemenz[2] verweisend, welcher den Untersuchungen Dufour's in Allem gefolgt ist.

Legt man das aus einer frisch getödteten Biene unversehrt entnommene Organ unter das Mikroskop, so sieht man an seiner Spitze sich vier Lippen in schneller Bewegung öffnen und schliessen. Diese Lippen galten bisher als eine viertheilige Klappe, eine Ansicht, deren Unhaltbarkeit sich bald herausstellen wird. Der aus dem Inneren des Organs hervorleuchtende gelblich-röthliche Schein rührt von der Intima her. Sie ist nämlich stark mit Chitin durchsetzt. Dadurch wird sie, besonders in der Mitte des Organs, an der Basis der Lippen, so hart, dass sie unter dem Druck des Messers oder der Nadel knirscht.



Diese wesentliche Eigenschaft der Intima haben Dufour und Schiemenz unerwähnt gelassen. Letzterer spricht nur von einer Verdickung derselben an der Lippenbasis. Die Intima aber muss hart sein, um den Lippen eine feste Basis, dem ganzen Organ ein Gerüst zu bieten, an dem es sich aufbaut, ohne zusammenzuklappen und um der Contraction der Muskeln den erforderlichen Wiederstand zu leisten, damit nicht mit dem Schliessen der Lippen auch die Schlundöffnung des ganzen Organs zusammengedrückt werde. Schneidet man die Intima, nachdem sie, von den ihr

---

[1] Mémoires présentés par divers savants á l'Académie des Sciences de l'Institut de France. *Sciences mathématiques et physiques.* t. VII. Tab. V. Fig. 48.

[2] *Dissertation über das Herkommen des Futtersaftes und die Speicheldrüsen der Biene.* Leipzig 1883. Taf. V.

aufliegenden Hautschichten befreit ist, auf und spannt sie aus, so stellt sie das gegenüberstehende Bild dar.

Es werden Ihnen dabei die unter je zwei Lippenvereinigungen sichtbaren Oeffnungen auffallen. Sie dienen dazu, um die durch die vier dreieckigen Lippen entstandene vierseitige Pyramide in eine runde, trichterförmige Figur überzuleiten und um die Reibungen der harten Lippenvereinigungen an der zarten Zellschicht zu verhindern. Noch haben Dufour und Schiemenz übersehen, dass auf den ganz glatten und scharfen Lippenrändern der Intima eine Leiste scheidenartig aufgesetzt ist, welche die Lippen fester schliesst und auch die Trägerin der Haare ist, deren Spitzen sich nach hinten richten und welche die innere Oeffnung des Organs oben auskleiden. Die Leiste lässt sich leicht durch die Nadel von der Intima abheben.

Macht man einen Längsschnitt durch die Mitte des Honigmagens, unseres Organs und den oberen Teil des Chylusmagens, so sieht man, wie auf die Intima des Organs die Zellschicht, auf diese, soweit das Organ innerhalb des Honigmagens liegt, zahlreiche Bündel Längsmuskeln, und auf diese wieder ebenso zahlreiche Bündel Ringmuskeln folgen, welche auch das Verbindungsstück zwischen Honig- und Chylusmagen oder den Hals des Organs umschliessen. Ueber den Ringmuskeln liegt die Propria und eine sehr zarte Uebergangsmembran. Nachdem die Ringmuskeln des Halses, sobald dieser an den Chylusmagen gelangt ist, hier aufhören, gehen die beiden übrigen Hautschichten des Halses merkwürdiger Weise nicht unmittelbar in die entsprechenden Hautschichten des Chylusmagens über, sondern senken sich, nachdem sich die Intima schon innerhalb des Honigmagens von der Zellschicht abgelöst hat, durch eine runde Oeffnung des Chylusmagens soweit in denselben hinein, als die Erhebung des Organs im Honigmagen beträgt und kehren dann — die Zellschicht zuerst — wieder nach oben oder vorn zurück, um nun erst in die entsprechenden Hautschichten des Chylusmagens überzugehen. Die Verlängerung des Halses innerhalb des Chylusmagens, in dem sie flottirt, bildet also eine Einstülpung, eine Duplicatur, so dass der Hals sich einstülpen und ausstülpen, verlängern und verkürzen kann.

Der Zweck dieser wunderbaren Einrichtung wird uns sofort verständlich werden, wenn wir uns nun zu einer Klarstellung der Functionen und der physiologischen Bedeutung des Organes wenden.

Es ist bekannt, dass Alles, was die Biene an Honig und Zuckersäften mittels ihres Saugrüssels oder an Pollen und dessen Surrogaten mittels ihres äusseren Mundes zu sich nimmt, zunächst nur bis in die kropfartige Erweiterung ihrer Speiseröhre, in den sogenannten Honigmagen gelangt. Wäre nun an der Ausgangsöffnung des Honigmagens keine Verschlussvorrichtung, sondern ein freier Durchgang in den Chylusmagen, so würden

natürlich alle Nahrungsstoffe, welche die Biene mit ihrem äusseren Munde zu sich nimmt in Folge der peristaltischen Bewegung des Darmkanals auch sofort direct in den Chylusmagen gelangen. Ein Füllen des Honigmagens mit Honig, bezw. ein Erbrechen desselben in die Zelle würde dann natürlich niemals stattfinden. Die Biene würde begreiflicherweise ein solches Kunststück auch gar nicht versuchen: sie würde mit ihrem äusseren Munde nur soviel Nahrungsstoff zu sich nehmen, als sie zu ihrer und ihrer Brut Ernährung bedarf; sie hörte also auf Honigbiene zu sein, sie würde ihren Haushalt vielmehr ganz so einrichten, wie die Wespen und die übrigen Bienen der zahlreichen Hymenopterenclasse. Glücklicherweise ist die Verschlussvorrichtung in unserem Organ vorhanden. Nur ist und darf sie keine passive, nur mechanisch wirkende Klappe sein, die durch den Druck des im Honigmagen befindlichen Honigs geschlossen wird, und so den Uebergang desselben in den Honigmagen verhindert. Diese Ansicht, die bislang als die allein richtige gilt, erscheint mir völlig unhaltbar. Denn wenn eine Klappe, sobald der Honigmagen sich füllt, den Uebergang des Honigs in den Chylusmagen unmöglich machte, wie wollte und könnte sich die Biene dann ernähren oder die grossen Massen Honig und Pollen, die zur Bereitung des Wachses und des Futtersaftes nöthig sind, in den Chylusmagen gelangen lassen? Sie würde bei gefülltem Honigmagen verhungern. Wollten wir annehmen, die Klappe werde sich schon von Zeit zu Zeit öffnen, um ein Tröpfchen Honig hindurchzulassen wie sich der Pylorus unseres Magens auch periodisch öffnet, um einen Theil des fertig bereiteten Chymus in den Dünndarm überzuführen, so wäre uns damit nicht geholfen. Denn das Ausstossen des Speisebreies erfolgt bei uns, weil die durch fortwährend neu hinzutretenden Magensaft erzeugte Säure zuletzt einen Reiz auf die Magenwandungen ausübt, der den Pylorus öffnet. Das trifft aber bei der Biene nicht zu. Der Honig, obwohl ein Kohlehydrat, säuert im Honigmagen nicht; dieser ist lediglich eine Vorrathskammer für die Biene. Dazu kommt, dass das Nahrungsbedürfniss der Biene zu verschiedenen Zeiten ein sehr verschiedenes ist. Sie braucht äusserst wenig, wenn sie zu Anfang des Winters in der brutlosen Zeit ihren Lebensprocess erheblich herabstimmt, sie braucht viel, wenn sie als Arbeitsbiene zur Tracht fliegt und verzehrt ganz colossale Massen, wenn sie Wachs oder Futtersaft zu bereiten hat. In allen drei Fällen aber ist und kann der Honigmagen gleich stark gefüllt sein, so dass ein äusserer, bald stärkerer bald schwächerer Reiz auf die Magenwandungen ausgeschlossen erscheint.

Endlich weist uns ein Blick auf den anatomischen Bau des Organs darauf hin, dass wir es nicht mit einer passiven, mechanisch wirkenden Klappe zu thun haben. Sämmtliche sehr zahlreiche Muskeln sind quergestreift. Diese dienen bekanntlich mit den seltensten Ausnahmen der

Willkür des Thieres. Dass unser Organ aber keine solche Ausnahme bildet, ergiebt sich aus der unbestrittenen Thatsache, dass der Biene eine freie Disposition über die Muskelthätigkeit ihres gesammten Magengebietes zusteht. Sie kann die unwillkürlichen, peristaltischen Bewegungen ihres Honig- und Chylusmagens, auf kurze Zeit ausser Thätigkeit setzen, wie wir unseren Athmungsapparat auf Augenblicke sistiren können; sie kann in einer Pause dieser unwillkürlichen Bewegungen ihren Honigmagen willkürlich contrahiren, um Honig zu erbrechen. Dass sie hierzu durch keinen äusseren Reiz irgend welcher Art gezwungen wird, ist zweifellos. Wir finden in zahlreichen Fällen Bienen mit stark gefülltem Honigmagen, in denen sie die schönsten Zellen vorräthig hatten, um den Honig zu erbrechen, wenn sie ihn nicht hätten bei sich behalten wollen. Ebenso können sie ihren Chylusmagen willkürlich contrahiren, wenn sie den massenhaft bereiteten Chylus in die Räume des Hintertheiles pressen wollen, um ihn dort in Wachs umzusetzen. So steht ihnen auch eine willkürliche, freie Disposition über dieses Organ zu, das ganz vom Chylusmagen aus innervirt wird. Sie halten die Lippen desselben geschlossen, wenn sie keinen Honig trinken und keinen Pollen essen wollen, und sie öffnen sie, wenn sie trinken oder essen wollen. Ich glaube daher dies Organ mit gutem Recht einen Magenmund nennen zu können. Der Ernährungskanal im eigentlichen Sinne beginnt demnach bei der Biene nicht mit ihrem äusseren Munde, sondern mit diesem inneren. Der äussere Mund ist nur die Hand, mit welcher die Biene die Nahrungsstoffe ergreift, der Honigmagen ist die Vorrathskammer, in der sie sie niederlegt, und der innere Mund ist das eigentliche Fresswerkzeug.

Dies wird uns noch verständlicher, wenn wir uns nur klar zu machen suchen, wie die Biene trinkt und isst. Contrahirt sie die Längsmuskeln ihres Magenmundes, so müssten sich die Lippen um so leichter und schneller öffnen, als diese Muskeln von ihrer unteren Anhaftungsstelle an den Wandungen des Honigmagens bis zur Spitze der Lippen keine gerade Linie bilden, sondern in Folge der Ausbuchtung nach aussen, welche die harte Basis der Lippen fast in der Mitte des Organs zeigt, eine krumme, fast halbkreisförmige Linie beschreiben, so dass die Lippen dem geringsten Zuge folgen müssen. In die dadurch entstandene Höhlung schiesst natürlich sofort ein Tröpfchen Honig, da die Lippen im Honig liegen. Durch die Oeffnung der Lippen wurden aber die Ringmuskeln, welche über den Längsmuskeln liegen, gedehnt. Sobald daher der Zug den Längsmuskeln nachlässt, schnellen jene sofort in ihre alte Lage zurück und schliessen dadurch wieder die Lippen. Man kann dieses Oeffnen und Schliessen der Lippen halbe Stunden lang beobachten, wenn man den Magenmund einer frisch getödteten Biene unter das Mikroskop legt.

Etwas schwieriger, aber im höchsten Grade interessant vollzieht sich das Verzehren des Pollens. Begreiflicherweise wird der Magenmund nur diejenigen Pollenkörner ergreifen können, die unmittelbar vor seiner Oeffnung liegen. Das setzt nothwendig voraus, dass der Pollen im Honigmagen schwimmt. Die Lippen brauchen sich aber nicht von ungefähr und aufs Ungewisse hin zu öffnen, um nach Pollen zu schnappen. Der Mund hat einen Bart. Sobald Pollenkörner diese Tastborsten berühren und dadurch ihre Nähe vor der Oeffnung kund thun, greifen die Lippen zu. Ein Entweichen der Pollenkörner aus der Magenmundhöhle bei erneuertem Oeffnen der Lippen verhindern dann die auf der Leiste der Intima stehenden, nach hinten gerichteten Haare. So lange nun viel Pollen im Honigmagen schwimmt, wird durch die peristaltische Bewegung desselben immer neuer Vorrath vor die Lippen geschoben und das Essen bietet keine Schwierigkeiten dar. Hat die Biene jedoch nur wenig Pollen mit ihrem äusseren Munde aufgenommen, aber auch das Wenige soll gleichwohl verzehrt werden, dann müssen die Pollenkörner von dem Magenmunde aufgesucht werden. Die Fähigkeit dazu ist ihm gegeben; sie liegt in der eigenthümlichen Verlängerung des Halses. Wenn die Biene die Ringmuskeln an dem unteren Theile des Magens contrahirt, so wird Honigmagen und Magenmund, indem sich die Einstülpung ausstülpt, nach vorn oder oben gezogen. Dadurch wird die innere Höhlung des Honigmagens verkleinert und der Pollen somit in einen engeren Raum zusammengedrängt, und da die Contractionen der Muskeln immer ruckweise erfolgen, wird es dem Magenmunde, weil sein Hals sich verlängern kann, möglich, wie ein Fisch hin und her zu gleiten und die begegnenden Pollenkörner zu ergreifen.

Noch grössere Dienste leistet die Einstülpung der Biene beim Erbrechen des Honigs. Durch die energischen Muskelcontractionen, welche das Erbrechen bewirken und welche naturgemäss von hinten nach vorn erfolgen, wird der Honigmagen blitzschnell und ruckweise nach vorn geschnellt. Wäre nun das Halsstück fest mit dem Chylusmagen verbunden, so liefen die zarten Häute jedesmal Gefahr einzureissen. Indem sie sich jedoch ausstülpen wird jeder Gefahr begegnet. Dass die Einstülpung in der That geschaffen ist, um gegebenen Falles wieder ausgestülpt werden zu können, zeigt auch eine zweite Längsmuskellage, welche den Magenmund mit den Chylusmagen verbindet, wie das Netz einen Luftballon mit seiner Gondel. In ruhigem, normalen Zustande zeigen diese Muskeln in dem Zwischenraume zwischen Honig- und Chylusmagen eine fast halbkreisförmige Lage. Wird nun der Honigmagen beim Erbrechen nach vorn geschnellt, so gestatten sie eine Vorwärtsbewegung, aber nur eine solche bis zu ihrer vollen Streckung und Anspannung. Dies beträgt aber immerhin Dreiviertel der Einstülpung.

Schiemenz sieht in seiner Dissertation in der Halsverlängerung nichts weiter als eine Hautklappe des Chylusmagens, welche verhindern soll, dass beim Erbrechen des Honigs sich der Inhalt des Chylusmagens in den Honigmagen ergiesse. Das ist sicher ganz unzutreffend. Denn einmal wird der Chylusmagen beim Erbrechen des Honigs gar nicht in Mitleidenschaft gezogen, es ist auch kein Grund vorhanden, ihn gegen den Honigmagen abzusperren; zum anderen würde, wenn dies nöthig wäre, nicht eine so künstliche Vorrichtung, wie sie die Einstülpung darstellt, dazu geschaffen sein, da eine einfache Hautklappe, wie die Biene deren in ihrem als Herz fungirenden Rückengefäss besitzt, völlig genügen würde, und drittens werden durch die den Brechact einleitenden Muskelcontractionen des Honigmagens, welche gleichzeitig auch eine Contraction der Ringmuskeln des Magenmundes veranlassen, die Lippen und der Hals desselben so fest geschlossen, dass kein Atom von dem Inhalt des Chylusmagens in den Honigmagen gelangen kann und also jede weitere Absperrung völlig überflüssig erscheint.

Die Bedeutung des Magenmundes für die Biene, diese als einzelnes Insect betrachtet, ist also eine sehr grosse. Nicht minder gross ist sie, wenn wir die Biene als Glied des ganzen Volkes betrachten. Zieht sie als Begleiterin eines Schwarmes aus, so befähigt sie der Magenmund den im Honigmagen mitgeführten Honigvorrath entweder, wenn günstiges Wetter bleibt und daher die Möglichkeit neuer Zufuhr vorhanden ist, sofort in Wachs zum Aufbau des Gebäudes auszusetzen, oder, wenn ungünstiges Wetter Ausflüge verbietet, als Ernährungsvorrath für sich zu sparen. Hat sie Wachs oder Futtersaft zu bereiten, so kann sie im Honigmagen, indem sie Pollen darin aufnimmt und den in ihr befindlichen Honig mit Wasser verdünnt, die nothwendige Mischung der Kohlehydrate mit den Eiweisskörpern vollziehen und nun diese Mischung mit ihrem Magenmunde verzehren. Schickt sie sich endlich zur Ueberwinterung an, so ermöglicht es ihr Magenmund die Kälte eines strengen Winters zu überwinden, vorausgesetzt, dass eine warmhaltende Wohnung und genügende Vorräthe an rechter Stelle vorhanden sind. Lassen sie mich dies näher begründen.

Sie wissen, dass sich das Bienenvolk, sobald der Winter eintritt, in ein mehr oder weniger dichtes Knäuel zusammenzieht. Die Stelle, an der das innerhalb der Wohnung geschieht, nennen wir das Winterlager. Es besteht jedesmal, wenn es normal ist, aus leeren Wachstafeln, über denen sich der nothwendige Wintervorrath befindet. Ist nun die Wohnung genügend warmhaltend, so würde die Biene den Winter, falls dieser besonders gelind wäre, wohl auch überleben können, wenn sie nur einen äusseren Mund zu ihrer Ernährung zur Disposition hätte. Sie würde ihren äusserst geringen Bedarf an Nahrungsmitteln, da das Volk nicht genöthigt wäre

sich eng zusammenzuziehen, sich jedesmal holen können, so oft das Bedürfniss dazu einträte. Aber unsere Winter sind nicht so gelind, dass die Temperatur nicht bedeutend unter den Eispunkt herabsinkt. Tritt nun plötzlich strenge Kälte auf und durchdringt diese die Wandungen der Wohnung, dann ist auch sofort eine viel grössere Zufuhr an Nahrung erforderlich, um die nothwendige Wärme zu erzeugen, und das Bienenvolk muss seinen Pelz, d. h. sich selbst viel fester und enger zusammenziehen, um die erzeugte Wärme zu bewahren. Wie käme jetzt jede einzelne Biene zu dem Heizmaterial, dem Honig, insbesondere wenn die Kälte längere Zeit anhält, da das Volk auf leeren Waben sitzt? Wollte die einzelne Biene sich von dem Knäuel ablösen und zum Honig aufsteigen, so würde sie unfehlbar erstarren, und wollte das ganze Volk sich auflösen, um zu den Vorräthen zu gelangen, so oft das Bedürfniss der Nahrungszufuhr eintritt, so würde ebenfalls entweder plötzliche Erstarrung oder im günstigsten Falle die Ruhr die Folge sein. Da ist denn der Magenmund mit seiner Lage im Honigmagen der Rettungsanker. Das Bienenvolk ist, wie wir genau wissen, in seinem Winterlager in einer stetigen, langsamen Rotation, begriffen, so dass Bienen, welche heute auf der äussersten Rechten oder Linken des Bienenknäuels sich befinden, morgen in der behaglichen Wärme des Centrums sich befinden, und Bienen, die heute die unterste Spitze des Knäuels bilden, morgen oben bei den Honigvorräthen ankommen. Hier füllen sie nun ihren Honigmagen mit Vorrath und steigen, leise summend, wieder nach unten, sie haben Nahrung für viele Tage, sie sind gegen Hunger und Kälte gesichert, denn ihr Mund liegt mitten drin im Honigtopf.

Ich schliesse daher mit dem Satze: Ist die Biene aus der schaffenden Hand Gottes unmittelbar als fertige Honigbiene hervorgegangen, so ist sie mit dem Magenmunde, wie er heute ist, geschaffen; ist sie jedoch nach Darwin'schen Grundsätzen erst im Laufe endloser Jahrtausende das geworden, was sie heute ist, also eine Honigbiene, so ist sie es dadurch geworden, dass sich aus einer Hautfalte oder Einschnürung ihrer Speiseröhre ein Organ herausentwickelte und allmählich im Laufe endloser Jahrtausende und im Kampfe um das Dasein bildete, wie ich es Ihnen heute vor Augen geführt habe, nämlich ein Magenmund.

Ueber eine neue Beziehung zwischen Zuckung und Tetanus.

Von

George Alfred Buckmaster.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Der Beweis des Satzes, dass der Tetanus nichts anderes sei als eine Anhäufung von Zuckungen ist bisher fast ausschliesslich mittelst elektrischer Methoden versucht worden. Man bestrebte sich die von du Bois-Reymond zuerst beobachtete negative Schwankung in ihre einzelnen Schwingungen aufzulösen. Man wird indessen nicht zweifeln können, dass auch die mechanischen Veränderungen, die am tetanisch verkürzten Muskel vor sich gehen, einer Auseinanderlegung in die versteckten Zuckungen zugänglich sein müssen, wenn die obige Voraussetzung eine richtige ist. Wenn man sagt, der tetanisch contrahirte Muskel trete in eine neue Gleichgewichtslage ein, so kann dies vom praktischen Standpunkt als eine genügende Annäherung gelten, ein scharfer Ausdruck für den Thatbestand ist es aber nicht, weil in Wirklichkeit im Tetanus so wenig wie in der Zuckung ein Gleichgewichtszustand jemals erreicht wird. Die Ableitung des stetig veränderlichen Zustandes aus einfacheren Vorgängen wird aber so lange auf die allergrössten Schwierigkeiten stossen, als für die Art der Veränderung keine festen Regeln gefunden sind.

Nun hat vor einigen Jahren Bohr gezeigt, dass die tetanische Curve des unermüdeten contracturfreien Muskels, wenn sie durch ein gutes Reizverfahren gewonnen ist, in streng gesetzmässiger Weise ansteigt, indem sie sich als Ast einer gleichseitigen Hyperbel darstellt. Es konnte demnach die Frage aufgeworfen werden, ob damit eine dem tetanischen Muskel eigen-

thümliche Erscheinung gefunden sei oder ob auch hier eine Ableitung aus den im zuckenden Muskel stattfindenden Vorgängen gelingen werde.

Von allen einschlägigen, bisher am zuckenden Muskel beobachteten Erscheinungen konnte nur die von Bowditch am Froschherzen zuerst gesehene, unter dem Namen der „Treppe“ beschriebene Zunahme der Zuckungshöhe in Betracht kommen, welche später von Tiegel und Minot am Skeletmuskel des Frosches, von Rossbach am Warmblütermuskel gefunden und untersucht worden ist. Durch Hrn. Dr. von Frey auf die mögliche Verwandtschaft der beiden Erscheinungen aufmerksam gemacht, habe ich unter seiner Leitung eine Anzahl von Versuchen ausgeführt, deren Absicht zunächst dahin ging, festzustellen, ob die im Beginn einer jeden Zuckungsreihe auftretende Steigerung der Zuckungen denselben Gesetzen gehorche, wie die tetanische Curve. Die Uebereinstimmung zwischen den beiden Vorgängen, die sich dabei herausstellte, dürfte sich vielleicht am schärfsten dadurch bekunden, dass ich die ersten drei Sätze, welche Bohr in der Einleitung seiner Abhandlung S. 234 aufstellt, ihrem wesentlichen Inhalt nach wiederhole, indem ich sie nur dadurch verändere, dass ich überall statt „tetanische Curve“ den Ausdruck „Treppe“ setze. Ich verstehe hierbei unter Treppe die Curve, welche sämmtliche Gipfelpunkte einer aufsteigenden Zuckungsreihe verbindet.

I. In einer Zuckungsreihe, welche zu keiner Ermüdung des Muskels führt ist die allgemeine Form der Treppe, unabhängig von der Stärke und Häufigkeit des Reizes, immer dieselbe, nämlich die einer gleichseitigen Hyperbel.

II. Die grösste Höhe, bis zu welcher die Zuckungen einer Reihe aufsteigen können, ist von der Häufigkeit der Reize unabhängig. Eine Vermehrung der Anzahl der Reizungen in der Zeiteinheit bewirkt nur, dass die Treppe sich rascher der maximalen Höhe nähert.

III. Mit der Stärke des Einzelreizes wächst innerhalb gewisser Grenzen die Höhe, welche die Treppe erreichen kann.

Diese Sätze sollen im Folgenden näher ausgeführt werden. Die Methode hatte die Aufgabe zu erfüllen, genau gleiche, in ihrer Stärke beliebig abstufbare Reize in regelmässiger, gleichfalls veränderlicher Aufeinanderfolge herzustellen. Ich habe ausschliesslich Inductionsschläge benutzt, welche durch Uhrwerke in regelmässiger Wiederkehr ausgelöst wurden; die nicht gewünschte Schlagart wurde nach bekannten Regeln abgeblendet. Für langsame Frequenzen benutzte ich den Quecksilber-Spülcontact von Kronecker. Galt es dagegen Zuckungsreihen und Tetani zu vergleichen, so stand mir ein Stromwähler ähnlicher Construction, wie der von Bohr beschriebene, zur Verfügung. Die Regelmässigkeit, mit wel-

cher der Spülcontact arbeitet, lässt wenig zu wünschen übrig, besonders wenn man sich an die Schliessungsschläge hält. Oeffnungsschläge sind, wohl in Folge des nie ganz gleichen Oeffnungsfunkens, zu kleinen Schwankungen eher geneigt. Die Muskelcurven wurden in fünffacher Vergrösserung aufgezeichnet, unter möglichster Vermeidung von Schwungmassen, so dass die Curven als isotonische aufgefasst werden müssen. Um eine einheitliche Abscisse zu gewinnen, wurde der Muskel in allen Fällen, wo es auf genaue Messungen abgesehen war, unterstützt, er arbeitete mit Ueberlastung. Die Zuckungshöhen wurden sodann mittels eines in Zehntel-Millimeter getheilten Maassstabes unter der Lupe abgemessen. Hierbei machte sich ein Umstand störend bemerklich, den ich nicht ganz zu beseitigen vermochte. Die Spitze des Schreibhebels schiebt, indem sie aufsteigt, ein kleines Häuflein Russ vor sich her, welches dann in der Gegend das Zuckungsgipfels abgelagert und zurückgelassen wird. Je nachdem es etwas vorausgeschleudert oder ein klein wenig nachgeschleppt wird, kann es die Messung der Zuckungshöhe in dem einen oder anderen Sinne beeinflussen; selbst bei möglichst kleiner Berussung mit der Leuchtgasflamme können Abweichungen von einigen Hunderteln eines Millimeters dadurch bewirkt werden.

Zu den Versuchen dienten Froschmuskeln und zwar zumeist der curarisirte, bluthaltige Gastrocnemius. Einige Versuche, welche mit anderen Muskeln und zum Theil unter besonderen Bedingungen angestellt wurden, werden später Erwähnung finden.

I.

Die hyperbolische Form der tetanischen Muskelcurve hat Bohr in der Weise empirisch gefunden, dass er für die gemessenen Punkte der Curve die Verhältnisszahlen $\frac{x}{y}$ bildete, wobei die der Ruhelänge des Muskels entsprechende Gerade als Abscissenaxe, der Anfang der Curve als Nullpunkt genommen wurde. Die Werthe der Verhältnisse wachsen mit den Werthen von x und zwar in der Art, dass ihre Zuwüchse den Zuwüchsen von x proportional sind.

Ich verfuhr mit meinen Zuckungsreihen in ganz analoger Weise. Als Abscissenaxe diente die Unterstützungslinie des Muskels, der Nullpunkt fiel mit der Anfangszuckung der Reihe zusammen. Da die Reizungen in gleichen Intervallen sich folgten, so konnte die Ordnungsziffer der Zuckung zugleich als deren Abscissenwerth betrachtet werden. Die Rechnung ergab dann, dass die Quotienten im Allgemeinen genau derselben Regel gehorchen, welche Bohr für seine Curven gefunden hat. Ich unterlasse es, Versuchs-

beispiele hier anzuführen, weil dieselben aus den Tabellen des nächsten Abschnittes ohne weiteres entnommen werden können.

Es hat sich ferner gezeigt, dass, abgesehen von den schwer zu vermeidenden kleinen Schwankungen in der Reizstärke, die Gesetzmässigkeit der Ergebnisse in zwei Richtungen störend beeinflusst werden kann. Die eine Störung ist bedingt durch die Ermüdung, durch welche der Muskel verhindert wird, seine volle Zuckungshöhe zu erreichen. Es werden demgemäss die Verhältnisszahlen $\frac{x}{y}$ und ebenso die Differenzen $\frac{x_n}{y_n} - \frac{x_{n-1}}{y_{n-1}}$ zu gross ausfallen. Ich habe daher bei den Versuchen die Ermüdung des Muskels durch passend vertheilte Ruhepausen möglichst zu vermeiden gesucht. Die andere Störung entspringt aus einer Eigenthümlichkeit jeder Zuckungsreihe, welche meines Wissens bisher nicht erwähnt worden ist. Lässt man einen curarisirten, ausgeruhten oder noch besser frischen Muskel in eine Zuckungsreihe eintreten, so findet man fast ausnahmslos die Höhen der ersten Zuckungen abnehmend, bevor die Steigerung der Treppe beginnt, welche, wie schon Tiegel zeigte, durch mehrere Hunderte von Zuckungen sich fortsetzen kann. Die meisten der unten angeführten Messungen lassen diese merkwürdigen einleitenden Zuckungen erkennen. Aber selbst dann, wenn sie in der Curve nicht unmittelbar in die Augen springen wie in den Tabellen 12 bis 15, zeigt doch die Rechnung eine charakteristische Abweichung von dem zu erwartenden Werthe, wodurch erkenntlich wird, dass die scheinbar regelmässige Treppe gestört ist. Der Einfluss, den die einleitenden Zuckungen auf die Entwickelung der Treppe nehmen, lässt sich im Allgemeinen dadurch kennzeichnen, dass die ersten Zuckungen höher ausfallen, als sie nach dem oben entwickelten Gesetze sein sollten. Dadurch werden aber die Verhältnisse $\frac{x}{y}$ zu klein und es wachsen demnach die Differenzen $\frac{x_2}{y_2} - \frac{x_1}{y_1}$ u. s. f. Auf diesem Wege findet man auch, dass die Abweichung sich überhaupt stets viel weiter erstreckt als man nach dem Augenschein zu beurtheilen im Stande ist. Entwickelt man für eine Anzahl zusammengehöriger und unmittelbar auf einander folgender, von einem ganz frischen Muskel gezeichneten Zuckungsreihen die charakteristischen Differenzen, so findet sich der Werth in der ersten oder den ersten Reihen meist etwas grösser als in den späteren. In den Tabellen 4 bis 8 ist von diesem Verhalten allerdings wenig zu bemerken. Deutlich ist es dagegen in den Tabellen 1 bis 3 und noch mehr in den Tabellen 9 bis 15, wo es sich sogar auf die drei ersten Reihen (Tabelle 9 bis 11) erstreckt. Ich will hier bemerken, dass ich mich überzeugt habe, dass die einleitenden Zuckungen auch im Anfangsstück der tetanischen Curve häufig eine Störung herbeiführen, auf welche ich

aber, so lange ich über genauere Angaben nicht verfüge, nicht näher eingehen will. In den von Bohr mitgetheilten Zahlen tritt sie deshalb nicht zu Tage, weil seine Messungen stets erst in einem gewissen Abstand vom Anfangsstück der Curve anheben.

II.

Der Beweis des zweiten Satzes ist darin zu erblicken, dass der Werth der charakteristischen Differenz $D = \frac{x_n}{y_n} - \frac{x_{n-1}}{y_{n-1}}$ sich nicht beeinflusst zeigt von dem Reizintervall. Dies werden die folgenden 15 Tabellen zur Genüge lehren.[1] Es ist damit, wie Bohr gezeigt hat, gleichzeitig gesagt, dass die Curven einer Schaar gleichseitiger Hyperbeln angehören, welche eine Assymptote gemeinsam haben und sich alle in einem Punkte, dem gewählten Anfangspunkte des Coordinatensystems, schneiden.

Tabelle 1.

Curarisirter Gastrocnemius, bluthaltig, ohne Circulation, Spannung 6^{grm}, Zuckungsreihe 1. Maximale Reize, Reizintervall 5″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
1	10·65	—	—	16	12·10	1·323	0·070
2	10·38	—	—	17	12·25	1·388	0·065
3	10·25	—	—	18	12·32	1·461	0·073
4	10·30	0·388	—	19	12·45	1·526	0·065
5	10·35	0·483	0·095	20	12·53	1·596	0·070
6	10·58	0·567	0·084	21	12·73	1·650	0·054
7	10·75	0·651	0·084	22	12·80	1·719	0·069
8	10·90	0·734	0·083	23	12·93	1·779	0·060
9	11·13	0·809	0·075	24	13·08	1·835	0·056
10	11·33	0·883	0·074	25	13·08	1·911	0·076
11	11·37	0·967	0·084	26	13·15	1·977	0·066
12	11·53	1·041	0·074	27	13·26	2·036	0·059
13	11·70	1·111	0·070	28	13·35	2·097	0·061
14	11·88	1·178	0·067	29	13·45	2·156	0·059
15	11·97	1·253	0·075	30	13·55	2·214	0·058

[1] Der Werth D ist identisch mit der von Bohr eingeführten Constanten $tgv = \frac{\frac{x_2}{y_2} - \frac{x_1}{y_1}}{x_2 - x_1}$. Setzt man nämlich die Ordnungsziffer der Zuckung als deren Abscissenwerth, so wird $x_2 - x_1$ stets gleich 1, $tgv = \frac{x_2}{y_2} - \frac{x_1}{y_1} = D$. Dasselbe Resultat erhält man übrigens auch wenn man die Secunde als Einheit der Abscisse ansetzt.

Tabelle 2.

Derselbe Muskel, Reihe 2, Intervall 2″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
1	14·00	—	—	16	15·35	1·042	0·052
2	13·65	—	—	17	15·50	1·097	0·055
3	13·55	—	—	18	15·63	1·152	0·055
4	13·50	0·296	—	19	15·79	1·203	0·051
5	13·55	0·369	0·073	20	15·90	1·258	0·055
6	13·65	0.440	0·071	21	16·08	1·306	0·048
7	13·73	0·510	0·070	22	16·18	1·360	0·054
8	13·92	0·575	0·065	23	16·29	1·412	0·052
9	14·10	0·638	0·063	24	16·44	1·460	0·048
10	14·28	0·700	0·062	25	16·54	1·511	0·051
11	14·48	0·760	0·060	26	16·68	1·559	0·048
12	14·65	0·819	0·059	27	16·72	1·615	0·056
13	14·82	0·877	0·058	28	16·80	1·667	0·052
14	15·00	0·933	0·056	29	16·85	1·721	0·054
15	15·15	0·990	0·057	30	16·99	1·766	0·045

Tabelle 3.

Derselbe Muskel, Reihe 3, Intervall 5″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
1	15·80	—	—	16	17·30	0·925	0·053
2	15·65	—	—	17	17·44	0·975	0·050
3	15·60	0·192	—	18	17·50	1·029	0·054
4	15·75	0·254	0·062	19	17·55	1·083	0·054
5	15·80	0·318	0·064	20	17·65	1·133	0·050
6	15·95	0·376	0·058	21	17·75	1·183	0·050
7	16·08	0·435	0·059	22	17·80	1·235	0·052
8	16·23	0·493	0·058	23	17·85	1·289	0·054
9	16·38	0·549	0·056	24	17·88	1·342	0·053
10	16·52	0·605	0·056	25	18·02	1·387	0·045
11	16·65	0·661	0·056	26	18·06	1·440	0·053
12	16·82	0·713	0·052	27	18·12	1·490	0·050
13	16·93	0·768	0·055	28	18·18	1·540	0·050
14	17·05	0·821	0·053	29	18·25	1·589	0·049
15	17·20	0·872	0·051				

Tabelle 4.

Curarisirter Triceps, bluthaltig, ohne Circulation, Spannung 8 grm. Zuckungsreihe 1. Intervall 4″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	5·50	—	—	15	5·72	2·62	0·12
1	5·80	—	—	16	5·91	2·71	0·09
2	5·40	—	—	17	6·00	2·83	0·12
3	5·10	—	—	18	6·11	2·95	0·12
4	5·08	—	—	19	6·20	3·06	0·11
5	5·00	1·00	—	20	6·25	3·20	0·14
6	5·03	1·19	0·19	21	6·32	3·32	0·12
7	5·10	1·37	0·18	22	6·40	3·44	0·12
8	5·20	1·54	0·17	23	6·48	3·55	0·11
9	5·31	1·69	0·15	24	6·54	3·67	0·12
10	5·33	1·88	0·17	25	6·60	3·79	0·12
11	5·32	2·07	0·19	26	6·67	3·90	0·11
12	5·40	2·22	0·15	27	6·73	4·01	0·11
13	5·53	2·35	0·13	28	6·80	4·12	0·11
14	5·60	2·50	0·15	29	6·83	4·25	0·13

Tabelle 5.

Derselbe Muskel, Reihe 2, Intervall 2″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	7·60	—	—	20	7·11	2·81	0·11
1	7·42	—	—	21	7·20	2·92	0·11
2	7·05	—	—	22	7·26	3·03	0·11
3	6·70	—	—	23	7·28	3·16	0·13
4	6·50	—	—	24	7·33	3·27	0·11
5	6·30	—	—	25	7·39	3·38	0·11
6	6·28	—	—	26	7·45	3·49	0·11
7	6·25	1·12	—	27	7·47	3·62	0·13
8	6·26	1·28	0·16	28	7·50	3·73	0·11
9	6·32	1·42	0·14	29	7·53	3·85	0·12
10	6·38	1·57	0·15	30	7·55	3·97	0·12
11	6·46	1·70	0·13	31	7·68	4·04	0·07
12	6·60	1·82	0·12	32	7·70	4·16	0·12
13	6·69	1·94	0·12	33	7·70	4·29	0·13
14	6·77	2·07	0·13	34	7·73	4·40	0·11
15	6·80	2·21	0·14	35	7·77	4·50	0·10
16	6·86	2·33	0·12	36	7·85	4·59	0·09
17	6·90	2·46	0·13	37	7·87	4·70	0·11
18	6·97	2·58	0·12	38	7·89	4·82	0·12
19	7·03	2·70	0·12	39	7·90	4·94	0·12

Tabelle 6.

Derselbe Muskel, Reihe 3, Intervall 4″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	8·23	—	—	15	7·74	1·94	0·12
1	8·05	—	—	16	7·73	2·07	0·13
2	7·65	—	—	17	7·76	2·19	0·12
3	7·40	—	—	18	7·81	2·30	0·11
4	7·20	—	—	19	7·85	2·42	0·12
5	7·15	0·70	—	20	7·90	2·53	0·11
6	7·22	0·83	0·13	21	8·00	2·63	0·10
7	7·28	0·96	0·13	22	7·98	2·76	0·13
8	7·33	1·09	0·13	23	8·00	2·88	0·12
9	7·40	1·22	0·13	24	8·02	2·99	0·11
10	7·42	1·35	0·13	25	8·03	3·11	0·12
11	7·54	1·46	0·11	26	7·99	3·25	0·14
12	7·57	1·59	0·13	27	8·04	3·36	0·11
13	7·60	1·71	0·12	28	8·00	3·50	0·14
14	7·71	1·82	0·11	29	8·00	3·63	0·13

Tabelle 7.

Derselbe Muskel, Reihe 4, Intervall 2″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	8·30	—	—	20	7·56	2·65	0·12
1	8·10	—	—	21	7·61	2·76	0·11
2	7·75	—	—	22	7·68	2·86	0·10
3	7·50	—	—	23	7·70	2·99	0·13
4	7·27	—	—	24	7·70	3·12	0·13
5	7·17	—	—	25	7·72	3·24	0·12
6	7·13	—	—	26	7·73	3·36	0·12
7	7·10	0·99	—	27	7·75	3·48	0·12
8	7·12	1·12	0·13	28	7·80	3·59	0.11
9	7·20	1·25	0·13	29	7·87	3·68	0·09
10	7·12	1·40	0·15	30	7·81	3·84	0·16
11	7·20	1·53	0·13	31	7·84	3·95	0·11
12	7·28	1·65	0·12	32	7·88	4·06	0·11
13	7·30	1·78	0·13	33	7·92	4·17	0·11
14	7·32	1·91	0·13	34	7·93	4·29	0·12
15	7·36	2·04	0·13	35	7·95	4·40	0·11
16	7·41	2·16	0·12	36	7·96	4·52	0·12
17	7·48	2·27	0·11	37	7·98	4·64	0·12
18	7·50	2·40	0·13	38	7·99	4·76	0·12
19	7·52	2·53	0·13	39	8·00	4·88	0·12

Tabelle 8.

Derselbe Muskel, Reihe 5, Intervall 4″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	8·33	—	—	13	7·63	1·70	0·12
1	8·10	—	—	14	7·65	1·83	0·13
2	7·83	—	—	15	7·67	1·96	0·13
3	7·60	—	—	16	7·68	2·08	0·12
4	7·50	—	—	17	7·69	2·21	0·13
5	7·39	—	—	18	7·70	2·34	0·13
6	7·38	0·81	—	19	7·72	2·46	0·12
7	7·40	0·94	0·13	20	7·70	2·60	0·14
8	7·44	1·08	0·14	21	7·75	2·71	0.11
9	7·48	1·20	0·12	22	7·77	2·83	0·12
10	7·52	1·33	0·13	23	7·78	2·96	0·13
11	7·56	1·46	0·13	24	7·79	3·08	0·12
12	7·60	1·58	0·12	25	7·80	3·21	0·13

Tabelle 9.

Curarisirter Triceps, blutdurchströmt, Spannung 8 grm, Zuckungsreihe 1, Intervall 2″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	11·40	—	—	20	12·40	1·613	0·068
1	10·75	—	—	21	12·55	1·673	0·060
2	10·30	—	—	22	12.60	1·746	0·073
3	10·40	—	—	23	12·72	1·808	0·062
4	10·10	0·396	—	24	12·75	1·882	0·074
5	10·14	0·482	0·086	25	12·98	1·926	0·044
6	10·30	0·583	0·101	26	12·98	2·003	0·077
7	10·48	0·668	0·085	27	13·01	2·075	0·072
8	10·65	0·751	0·083	28	13·13	2·133	0·058
9	10·75	0·837	0·086	29	13·18	2·200	0·067
10	11·10	0·901	0·064	30	13·26	2·262	0·062
11	11·27	0·976	0·075	31	13·30	2·331	0·069
12	11·45	1·048	0·072	32	13·41	2·386	0·055
13	11·59	1·122	0·074	33	13·57	2·432	0.046
14	11·70	1·197	0·075	34	13·57	2·506	0·074
15	11·85	1·266	0·069	35	13·64	2·566	0·060
16	11·90	1·345	0·079	36	13·71	2·626	0·060
17	12·05	1·411	0·066	37	13·85	2·672	0·046
18	12·30	1·463	0·052	38	13·88	2·738	0·066
19	12·30	1·545	0·082	39	13·93	2·800	0·062

Tabelle 10.

Derselbe Muskel wie in Tabelle 9, nach einer Pause von 6 Minuten, Zuckungsreihe 2, Intervall 4″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	14·60	—	—	20	15·19	1·317	0·060
1	14·10	—	—	21	15·33	1·370	0·053
2	13·80	—	—	22	15·30	1·438	0·068
3	13·78	0·218	—	23	15·49	1·485	0·047
4	13·92	0·287	0·069	24	15·51	1·547	0·062
5	14·03	0·356	0·069	25	15·60	1·603	0·056
6	14·10	0·426	0·070	26	15·63	1·663	0·060
7	14·16	0·494	0·068	27	15·59	1·732	0·069
8	14·28	0·560	0·066	28	15·71	1·782	0·050
9	14·38	0·626	0·066	29	15·80	1·835	0·053
10	14·45	0·692	0·066	30	15·79	1·900	0·065
11	14·59	0·754	0·062	31	15·84	1·957	0·057
12	14·65	0·819	0·065	32	15·80	2·025	0·068
13	14·78	0·880	0·061	33	15·89	2·077	0·052
14	14·90	0·940	0·060	34	15·99	2·126	0·049
15	15·00	1·000	0·060	35	15·92	2·198	0·072
16	15·00	1·067	0·067	36	16·00	2·250	0·052
17	15·04	1·130	0·063	37	16·01	2·311	0·061
18	15·09	1·193	0·063	38	16·14	2·369	0·058
19	15·12	1·257	0·064	39	16·14	2·431	0·062

Tabelle 11.

Derselbe Muskel wie in Tabelle 10, nach einer Pause von 6 Minuten, Zuckungsreihe 3, Intervall 2″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	15·90	—	—	10	16·05	0·623	0·060
1	15·80	—	—	11	16·10	0·683	0·060
2	15·65	—	—	12	16·17	0·742	0·059
3	15·59	—	—	13	16·28	0·799	0·057
4	15·53	0·258	—	14	16·37	0·855	0·056
5	15·60	0·321	0·063	15	16·45	0·912	0·057
6	15·70	0·382	0·061	16	16·51	0·969	0·057
7	15·80	0·443	0·061	17	16·58	1·025	0·056
8	15·90	0·503	0·060	18	16·60	1·084	0·059
9	15·98	0·563	0·060	19	16·62	1·143	0·059

(Tabelle 11. Fortsetzung.)

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
20	16·50	1·212	0·069	30	17·13	1·751	0·060
21	16·73	1·255	0·043	31	17·19	1·803	0·052
22	16·78	1·311	0·056	32	17·19	1·862	0·059
23	16·83	1·360	0·049	33	17·22	1·916	0·054
24	16·87	1·423	0·063	34	17·38	1·956	0·040
25	16·92	1·478	0·055	35	17·31	2·022	0·066
26	16·92	1·537	0·059	36	17·43	2·065	0·043
27	16·97	1·591	0·054	37	17·38	2·129	0·064
28	17·10	1·637	0·046	38	17·48	2·174	0·045
29	17·15	1·691	0·054	39	17·50	2·229	0·055

Tabelle 12.

Derselbe Muskel wie in Tabelle 11, nach einer Pause von 6 Minuten, Zuckungsreihe 4, Intervall 4″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	16·55	—	—	20	17·60	1·136	0·063
1	16·65	0·060	—	21	17·68	1·187	0·051
2	16·70	0·120	0·060	22	17·70	1·243	0·056
3	16·70	0·180	0·060	23	17·78	1·294	0·051
4	16·87	0·237	0·057	24	17·76	1·351	0·057
5	16·90	0·296	0·059	25	17·80	1·404	0·053
6	16·93	0·354	0·058	26	17·83	1·358	0·054
7	16·98	0·412	0·058	27	17·88	1·510	0·052
8	17·05	0·469	0·057	28	17·91	1·563	0·053
9	17·15	0·525	0·056	29	17·93	1·617	0·054
10	17·23	0·580	0·055	30	18·00	1·667	0·050
11	17·28	0·637	0·057	31	17·94	1·728	0·061
12	17·31	0·693	0·056	32	17·99	1·779	0·051
13	17·42	0·746	0·053	33	17·97	1·836	0·057
14	17·47	0·801	0·055	34	18·00	1·889	0·053
15	17·47	0·859	0·058	35	18·05	1·939	0·050
16	17·55	0·912	0·053	36	18·10	1·989	0·050
17	17·57	0·968	0·056	37	18·10	2·044	0·055
18	17·60	1·023	0·055	38	18·20	2·088	0·044
19	17·70	1·073	0·050	39	18·23	2·139	0·051

Tabelle 13.

Derselbe Muskel wie in Tabelle 12, nach einer Pause von 6 Minuten, Zuckungsreihe 5, Intervall 2″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	17·27	—	—	20	18·52	1·080	0·054
1	17·33	0·058	—	21	18·57	1·131	0·051
2	17·40	0·115	0·057	22	18·60	1·183	0·052
3	17·50	0·171	0·056	23	18·70	1·230	0·047
4	17·60	0·227	0·056	24	18·70	1·283	0·053
5	17·80	0·281	0·054	25	18·70	1·337	0·054
6	17·87	0·336	0·055	26	18·73	1·388	0·051
7	17·94	0·390	0·054	27	18·75	1·440	0·052
8	18·12	0·442	0·052	28	18·84	1·486	0·046
9	18·12	0·497	0·055	29	18·92	1·533	0·047
10	18·12	0·552	0·055	30	18·93	1·585	0·052
11	18·18	0·605	0·053	31	18·90	1·640	0·055
12	18·28	0·656	0·051	32	19·00	1·684	0·044
13	18·30	0·710	0·054	33	18·95	1·741	0·057
14	18·30	0·765	0·055	34	19·00	1·790	0·049
15	18·35	0·818	0·053	35	19·03	1·839	0·049
16	18·40	0·870	0·052	36	19·03	1·892	0·053
17	18·43	0·922	0·052	37	19·07	1·940	0·048
18	18·48	0·974	0·052	38	19·15	1·984	0·044
19	18·52	1·026	0·052	39	19·20	2·031	0·047

Tabelle 14.

Derselbe Muskel wie in Tabelle 13, nach einer Pause von 6 Minuten, Zuckungsreihe 6, Intervall 2″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	17·68	—	—	10	18·43	0·543	0·051
1	17·85	0·056	—	11	18·43	0·597	0·054
2	18·00	0·111	0·055	12	18·35	0·654	0·057
3	18·12	0·166	0·055	13	18·52	0·702	0·048
4	18·18	0·220	0·054	14	18·50	0·757	0·055
5	18·24	0·274	0·054	15	18·61	0·806	0·049
6	18·32	0·328	0·054	16	18·63	0·859	0·053
7	18·37	0·381	0·053	17	18·68	0·910	0·051
8	18·48	0·433	0·052	18	18·65	0·965	0·055
9	18·30	0·492	0·059	19	18·67	1·018	0·053

Tabelle 14. Fortsetzung.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
20	18·67	1·071	0·053	30	18·82	1·594	0·051
21	18·73	1·121	0·050	31	18·84	1·645	0·051
22	18·70	1·176	0·055	32	18·90	1·693	0·048
23	18·70	1·230	0·054	33	18·93	1·743	0·050
24	18·79	1·277	0·047	34	18·95	1·794	0·051
25	18·80	1·330	0·053	35	18·99	1·843	0·049
26	18·80	1·383	0·053	36	18·99	1·895	0·052
27	18·80	1·436	0·053	37	19·00	1·947	0·052
28	18·80	1·489	0·053	38	19·00	2·000	0·053
29	18·80	1·543	0·054	39	19·02	2·050	0·050

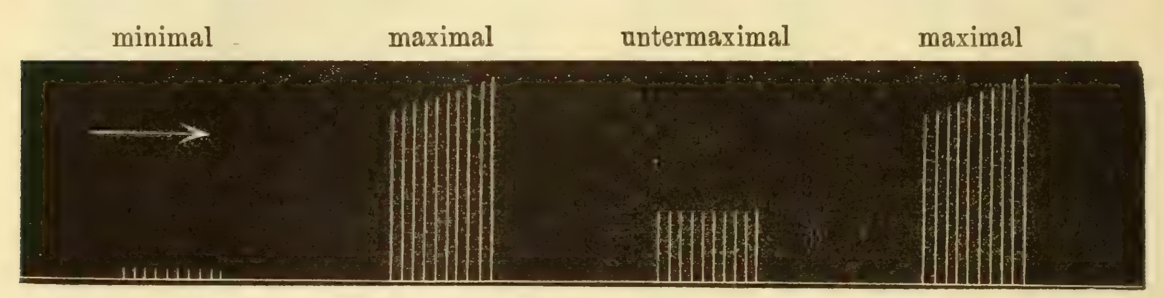
Tabelle 15.

Derselbe Muskel wie in Tabelle 14, nach einer Pause von 6 Minuten, Zuckungsreihe 7, Intervall 4″.

Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs	Zeit	Zuckungs-höhe	Zeit durch Zuckungs-höhe	Zuwachs
0	17·90	—	—	20	19·15	1·044	0·057
1	18·10	0·055	—	21	19·37	1·084	0·040
2	18·55	0·108	0·053	22	19·47	1·130	0·046
3	18·70	0·160	0·052	23	19·53	1·178	0·048
4	18·90	0·212	0·052	24	19·49	1·231	0·053
5	19·05	0·262	0·050	25	19·40	1·289	0·058
6	19·10	0·314	0·052	26	19·58	1·328	0·039
7	19·13	0·366	0·052	27	19·59	1·378	0·050
8	19·10	0·419	0·053	28	19·60	1·429	0·051
9	19·07	0·472	0·053	29	19·61	1·479	0·050
10	19·13	0·523	0·051	30	19·58	1·532	0·053
11	19·08	0·577	0·054	31	19·62	1·580	0·048
12	19·10	0·628	0·051	32	19·63	1·630	0·050
13	19·13	0·680	0·052	33	19·64	1·680	0·050
14	19·16	0·731	0·051	34	19·65	1·730	0·050
15	19·23	0·780	0·049	35	19·66	1·780	0·050
16	19·25	0·831	0·051	36	19·67	1·830	0·050
17	19·33	0·879	0·048	37	19·68	1·880	0·050
18	19·35	0·930	0·051	38	19·70	1·929	0·049
19	19·25	0·987	0·057	39	19·67	1·983	0·054

III.

Die Beibringung von Zahlenbelegen für den dritten Satz habe ich geglaubt unterlassen zu dürfen, weil der Inhalt desselben sich ohne weiteres aus der Betrachtung der gezeichneten Zuckungsreihen ergiebt. Am anschaulichsten wird die Erscheinung, wenn man zwischen maximalen und minimalen Reizstärken wechselt. Es lässt sich dann an der minimalen Zuckungsreihe für gewöhnlich kein Ansteigen oder doch nur eine Spur desselben nachweisen, während es bei den maximalen Reihen stets aufs schönste entwickelt ist. Ein solcher Fall wird durch die nachstehende Figur illustrirt.



4 Gruppen von Zuckungen, Reizintervall 2″, zwischen je zwei Gruppen 5 Min. Pause.

Es kann sich auch treffen, wenn der Muskel bereits wiederholt in Anspruch genommen worden ist, dass die Gipfel der minimalen Zuckungen bereits in einer Ermüdungslinie liegen, während es nur einer Verstärkung des Reizes bedarf, um sofort wieder eine Treppe, also ein Wachsen der Zuckungen hervorzubringen. Eine weitere Verfolgung der Abhängigkeit, die zwischen der Lage der Asymptote und der Höhe der ersten Zuckung bez. der Stärke des Reizes etwa besteht, ist mir leider durch die Kürze meiner Zeit versagt gewesen.

Der Inhalt der Sätze II und III lässt sich auch in folgender Form zusammenfassen. *Für jede gegebene Reizstärke giebt es einen gewissen Werth der Zuckungshöhe, welchen der Muskel nicht gleich zum ersten Male erreicht, welchem er jedoch in einer Reihe von aufeinanderfolgenden Zuckungen nahe zu kommen sucht, insofern er daran nicht durch die Ermüdung gehindert wird.* Wird die Reihe unterbrochen und nach einer Pause wieder fortgesetzt, so ist die erste der neuen Zuckungen kleiner als die letzte vor der Pause (wie auch schon *Tiegel* und *Rossbach* gefunden haben), der Muskel nimmt aber seine ansteigenden Zuckungen sofort wieder auf und dieselben sind gegen denselben Grenzwerth gerichtet. Hierbei ist es innerhalb einer gewissen Breite vollkommen gleichgiltig in welchem Intervall die periodischen Reizungen erfolgen. Eine obere Grenze ist dadurch gegeben, dass die Reize nicht gar zu selten auf einander

folgen dürfen, wenn noch eine Treppe erscheinen soll. Dieser obere Grenzwerth von welchem im letzten Abschnitte noch etwas ausführlicher gehandelt werden soll, ist für den Skeletmuskel des Frosches sicher grösser als 5 Secunden und wahrscheinlich kleiner als 60 Secunden. Die untere Grenze ist durch jenen Werth des Reizintervalles bestimmt, bei welchem die Zuckungsreihe zu einem Tetanus verschmilzt. Da hierbei eine Uebereinanderlagerung der Zuckungen nach den von Helmholtz gegebenen Regeln stattfindet, so ist von vornherein ausgeschlossen, dass die Asymptote der tetanischen Curve mit dem Grenzwerth der Zuckungstreppe für dieselbe Stärke des Einzelreizes zusammenfallen könne.

Nachdem somit gezeigt worden ist, dass die tetanische Curve Bohr's und die Treppe von Bowditch denselben Regeln gehorchen, dieselben also wahrscheinlich demselben Vorgang innerhalb der Muskelfaser ihre Entstehung verdanken, wäre es wichtig genug, wenn sich über die Natur dieses Vorganges etwas erfahren liesse. Mit einer Umschreibung der Erscheinung als einer Erhöhung der Reizbarkeit, wie dies wohl zuweilen geschehen ist, wird man sich kaum zufrieden geben mögen, weil, dadurch die Kenntniss des Vorganges in keiner Weise vertieft wird. Ausserdem würde die Annahme dieser Ausdrucksweise eine ganz besondere Definition des Begriffes Reizbarkeit erfordern, weil, wie in dem Abschnitt III gezeigt worden ist, die Wirksamkeit des Minimalreizes unter Umständen nicht geändert erscheint.

Eine Anzahl Versuche, die ich nach dieser Richtung unternahm, haben mir eine Aufklärung nicht gebracht: wenn ich sie trotzdem in aller Kürze hier erwähne, so geschieht es theils deshalb, weil sie eine völlige Bestätigung der bereits von Bowditch für das Froschherz gewonnenen Befunde darstellen, theils weil ich auch ihrem negativen Resultate einen gewissen Werth beimesse. Zunächst kann als sichergestellt gelten, dass die Treppe nicht dem gebrauchten Reizmittel eigenthümlich ist. Man könnte ja an eine Polarisation durch den elektrischen Strom denken und die Erscheinung in Beziehung bringen zu den übermaximalen Zuckungen, welche Tigerstedt vom Nerven aus erhalten hat. Die Unmöglichkeit einer solchen Erklärung scheint mir dadurch gegeben, dass die Erscheinung bei alternirender Stromrichtung in genau derselben Weise auftritt, wie bei Strömen gleicher Richtung, dass die Polarisirbarkeit oder Nichtpolarisirbarkeit der Elektroden ohne Einfluss ist, dass endlich die Durchleitung eines constanten Stromes durch den Muskel an dem Verlauf einer unmittelbar darauffolgenden Zuckungsreihe nicht das geringste ändert. Die Treppe findet sich bei Reizung vom Nerven aus ebenso wie bei directer Muskelreizung, und es ist daher für den Versuch im Allgemeinen gleichgültig, ob der Muskel

curarisirt wird oder nicht. Ich konnte ferner trotz vielfacher Wiederholungen, und hier befinde ich mich im Widerspruch mit Tiegel, keinen wesentlichen Unterschied finden zwischen dem bluthaltigen und dem blutlosen mit Salzlösung ausgewaschenen Muskel. Erinnert man sich endlich noch, dass bei mechanischer Nervenreizung Tigerstedt ein ähnliches Ansteigen der Zuckungen bemerkt hat und dass unter den von Luciani am Froschherzen beobachteten, spontan auftretenden Zuckungsgruppen, Reihen mit aufsteigender Treppe sehr häufig zur Beobachtung kamen, so wird man sich der Auffassung nicht entziehen können, dass man es hier mit einem Processe zu thun hat, der mit der Muskelcontraction, gleichgültig auf welchem Wege dieselbe ausgelöst sein mag, aufs innigste zusammenhängt. Irgend welche nähere Angaben, ob die Zuckung einen Stoff bildet aus welchem die nächstfolgende Vortheile zieht, oder ob irgend welche Hindernisse weggeräumt werden, lassen sich vorläufig nicht machen. Die einzige Aussage, welche den Vorgang etwas näher bestimmt, betrifft die zeitlichen Verhältnisse. Die Nachwirkung dauert durch längere Zeit aber mit abnehmender Grösse, so dass bei einem Intervall von 60 Secunden zwischen zwei Zuckungen ein Zuwachs kaum noch erkennbar ist. Für das Froschherz fand Bowditch dieselbe Zeit, während Rossbach die Treppe am Warmblütermuskel verschwinden sah, wenn das Reizungsintervall auf 5″ vergrössert wurde. Sind zwei oder mehrere Zuckungen vorausgegangen, so ist die Dauer der Nachwirkung verlängert, sie ist also einer Aufspeicherung fähig, wie sich übrigens schon aus dem Verlauf der Treppe ergiebt. Dementsprechend fand Minot, dass kurze Tetani von 4 Sec. Dauer, welche in Abständen von 26″ aufeinander folgten, sich in der Weise beeinflussten, dass unter Umständen bis zum 20. Tetanus die Anfangshöhen zunahmen. Hierher gehört auch die beträchtliche Erhöhung einer Einzelzuckung unmittelbar nach einem Tetanus, welche Bohr erwähnt.

Durch wie lange Zeit sich die Nachwirkung erstrecken kann, wenn der Muskel stark gearbeitet hat, lässt sich schwer angeben, weil innerhalb sehr langer Pausen auch noch andere Einflüsse im Muskel sich geltend machen, welche eine Veränderung der Zuckungshöhe bedingen. Als Beispiel sei erwähnt, dass 18 Minuten nach einer Reihe von 40 maximalen Zuckungen, welche in Intervallen von 5″ aufeinander folgten, eine deutliche Nachwirkung noch erschien.

Litteratur.

Bohr, Ueber den Einfluss der tetanischen Irritamente auf Grösse und Form der Tetanuscurve. *Dies Archiv.* 1882. S. 233.

E. du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Elektricität.* II.

Bowditch, Ueber die Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen. *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1871. S. 139.

Helmholtz, *Wissenschaftliche Abhandlungen.* Bd. II. S. 883.

Kronecker, Ueber die Ermüdung und Erholung der quergestreiften Muskeln. *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1871. S. 177.

Luciani, Eine periodische Function des isolirten Froschherzens. *Ebenda.* 1872. S. 113.

Minot, Experiments on Tetanus. *Journal of Anatomy and Physiology.* Vol XII. p. 297.

Rossbach, Muskelversuche an Warmblütern. I. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XIII. S. 607; — II. *Ebenda.* Bd. XV. S. 1.

Tiegel, Ueber den Einfluss einiger willkürlich Veränderlichen auf die Zuckungshöhe des untermaximal gereizten Muskels. *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1875. S. 1.

Tigerstedt, *Studien über mechanische Nervenreizung.* Helsingfors 1880.

Tigerstedt und A. Willhard, Zur Kenntniss der Einwirkung von Inductionsströmen auf den Nerven. *Mittheilungen vom physiologischen Laboratorium in Stockholm.* 1884. I. Bd. 3. Hft.

Ueber den Einfluss chemischer Verbindungen auf Blutkörperchen im Zusammenhang mit ihren Molecular-Gewichten.

Von

Dr. H. J. Hamburger,
Assistenten am physiologischen Institut zu Utrecht.

Um den Turgor, d. h. die Kraft zu bestimmen, mit welcher die Pflanzenzellen Wasser aus ihrer Umgebung an sich ziehen, untersuchte Prof. Hugo de Vries, welcher Antheil den verschiedenen in den Zellsäften gelösten Bestandtheilen dabei zukommt. Zu diesem Zwecke war es nöthig ausser der quantitativen Zusammensetzung des Zellsaftes, welche für jeden Fall speciell bestimmt werden musste, einen Coëfficienten kennen zu lernen, welcher die Grösse der Wasseranziehung jeder der darin vorkommenden Verbindungen ausdrückte.

Um diese Coëfficienten zu bestimmen, wandte er zwei Methoden an:[1] 1. die plasmolytische, 2. die der Gewebespannung.

Erstere besteht darin, dass man für jeden der zu untersuchenden Stoffe die schwächste Concentration ausfindig macht, welche in Pflanzenzellen noch Plasmolyse, d. h. Trennung des Protoplasma vom Zellmembran erzeugen kann.

Thut man das für verschiedene Stoffe mit denselben Pflanzenzellen, so darf man schliessen, dass die untersuchten Stoffe in den aufgefundenen Concentrationen mit gleicher Kraft der lebendigen Zelle Wasser entziehen. Derartige Concentrationen nannte er isotonisch (von ἴσος gleich, und τόνος Spannung), da sie gleiche Spannung in der Zelle erzeugen.

---

[1] *Verslagen en Mededeelingen der koninklyke Akademie van Wetenschappen.* Afd. Natuurkunde. 2. Reeks. Deel. XIX. p. 321; — weiter Pringsheim's *Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik.* Bd. XIV. Hft. 4.

Ist die Concentration nicht in Gewichtsprocenten, sondern in Molecülen ausgedrückt, so zeigen desshalb diese Zahlen, wieviel Molecüle des einen Stoffes, in einem gewissen Flüssigkeitsvolum, mit gleicher Kraft Wasser anziehen als eine bestimmte Zahl Molecüle des anderen Stoffes in demselben Volum.

Das Verhältniss zwischen diesen Concentrationen ist folglich die Anziehung jedes Stoffes zu Wasser pro Molecül.

Das Verhältniss zwischen den isotonischen Concentrationen nannte der Verfasser isotonische Coëfficienten. Diese zeigen also für verdünnte Lösungen die relative Grösse der Wasseranziehung pro Molecül. Besondere Gründe[1] haben ihn veranlasst, die wasseranziehende Kraft des Molecüls Kalisalpeter auf 3 zu stellen.

Die isotonischen Coëfficienten gehorchen folgenden Gesetzen:

1. Für Körper, welche derselben chemischen Gruppe angehören, sind sie ungefähr gleich und verhalten sich für verschiedene Gruppen wie 2:3:4:5.

Die Gruppen, welche de Vries untersuchte, sind:	Isot. Coëff.
a) Organische Verbindungen	2
b) Salze der Alkalimetalle	
mit einem Atom Metall im Molecüle	3
mit zwei Atomen „ „ „	4
mit drei Atomen „ „ „	5
c) Salze der Erdalkalimetalle	
mit einem Molecüle Säure	2
mit zwei Molecülen Säure	4

Salze mit organischen und mit anorganischen Säuren, ebenso wie neutrale und saure Salze folgen diesen Gesetzen.

2. Der isotonische Coëfficient eines Salzes ist die Summe der Partialcoëfficienten der betreffenden Basis und der betreffenden Säure.[2]

Diese Partial-Coëfficienten sind:

für Säuren	2
für Alkalimetalle	1
für Erdalkalimetalle	0

[1] Pringsheim's *Jahrbücher*. S. 429. 431. Da ein Molecül Oxalsäure den isotonischen Coëfficienten 2 besitzt, so hat ein Aequivalent Oxalsäure den Coëfficienten 1. Man kann also als Einheit für die isotonischen Coëfficienten annehmen, entweder ein Dritttheil der Anziehung eines Molecüls Kalisalpeter, oder die Anziehung eines Aequivalents Oxalsäure zu Wasser. Letztere Einheit ist darum vorzuziehen, weil man Oxalsäure als fundamentalen Stoff bei einigen Titrationsmethoden benutzt.

[2] *Verslagen en Mededeelingen der koninklyke Akademie van Wetenschappen.* Afd. Natuurkunde. 2 reeks. Deel XIX. S. 321; — Auch Pringsheim's *Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik.* Bd. XIV. Hft. 4. S. 519.

Die zweite Methode, die der Gewebespannung, welche in der Bestimmung der Concentrationen besteht, unter deren Einfluss ein in vier Theilen gespaltener Sprossgipfel in Krümmung weder zu- noch abnimmt, ergab ziemlich übereinstimmende Coëfficienten.

Prof. Donders hatte bemerkt, dass die Concentrationen der Lösungen, bei denen die Blutkörperchen unverletzt bleiben, für einige Stoffe in gleicher Richtung liegen, als Hugo de Vries für die Plasmolyse in Pflanzenzellen gefunden hatte, und regte mich an, zu untersuchen ob und in wie weit die isotonischen Coëfficienten auch gegenüber Blutkörperchen gelten. Hierzu standen mir zwei Methoden zu Gebote, die mikroskopische und die makroskopische. Die mikroskopische, anfänglich versuchte Methode, versprach, wenigstens bei warmblütigen Thieren, keine genauen Resultate. Die makroskopische liess mehr erwarten. Sie besteht darin, dass man den Einfluss feststellt, den Salzlösungen verschiedener Concentrationen auf defibrinirtes Blut, bezüglich des Austretens von Blutfarbstoff, ausüben.

I. Einfluss von Salzlösungen auf den Austritt des Haemoglobins in defibrinirtem Rinderblut.

Fügt man in einem Reagensglase 2 ^{ccm} defibrinirten Rinderblutes zu einer etwa zehnfachen Quantität einer 1·04 procentigen oder concentrirteren Kalinitratlösung hinzu, so setzen die Blutkörperchen sich vollkommen zu Boden, während eine klare, fast farblose Flüssigkeit darüber stehen bleibt. Gewöhnlich kann man drei Schichten unterscheiden.[1]

1. eine dichte, unterste, welche die meisten Blutkörperchen enthält, 2. eine scharf von der untersten getrennte Schicht mit sehr wenig Blutkörperchen und 3. eine fast farblose, schwächlich leichtgelbe Schicht, welche allmählich in die mittlere übergeht, mit Blutkörperchen, welche von jenem der mittleren Schichte mikroskopisch nicht zu unterscheiden sind. Allmählich sinkt die mittlere Schicht, und geht gänzlich in die unterste auf, sodass schliesslich nur zwei scharf begrenzte übrig bleiben.

Führt man denselben Versuch mit Salpeterlösungen von 0·96 Procent und weniger aus, so sieht man, dass nur zwei Schichten zu unterscheiden sind: nämlich eine untere, in welcher desto weniger rothe Blutkörperchen vorkommen, je geringer die Concentration der Salzlösung ist, und eine obere, welche in demselben Verhältnisse röther ist.

Nicht nur für Salpeter, sondern auch für andere Salze, wurden zwei Concentrationsgrenzen gesucht, eine, bei der die Blutkörperchen sich senken, und eine farblose Flüssigkeit zurückbleibt, und eine, wobei die zurück-

[1] Donders, *Holländische Beiträge zu den anatomischen und physiologischen Wissenschaften*, herausgegeben von Dr. van Deen, Dr. Donders und Dr. Moleschott. 1847. Bd. I. S. 375.

bleibende Flüssigkeit eine rothe Farbe zeigt. Jedesmal wurden 2 ccm Blut mit 20 ccm Salzlösung geschüttelt, und das Gemisch sich selbst überlassen.

In der folgenden Tabelle A sind unter I einige der Salze genannt, welche Prof. Hugo de Vries für seine plasmolytische Methode benutzte.[1] Unter II findet man die Concentrationen der Salzlösungen, in welchen die Blutkörperchen sich senken, ohne der darüber befindlichen Flüssigkeit Haemoglobin abzutreten; unter III die Concentrationen der Salzlösungen, in denen die Blutkörperchen der darüber stehenden Flüssigkeit Haemoglobin abgegeben haben.

Unter IV ist das Mittel von II und III berechnet, während unter V die Concentrationen angeführt erscheinen, die nach den Versuchen von de Vries isotonisch sind.

Tabelle A.

I Stoffe.	II Gehalt, wobei die Blutkörperchen in einer farblosen Flüssigkeit sich senken.	III Gehalt, wobei die Blutkörperchen weniger vollkommen sich senken und die Flüssigkeit roth ist.	IV Im Durchschnitt.	V Concentrationen von mit 1·01 proc. Salpeter isotonischen Lösungen (de Vries).
Kaliumnitrat . . .	1·04 Proc.	0·96 Proc.	1 Proc.	1·01 Proc.
Chlornatrium . . .	0·60 „	0·56 „	0·58 „	0·585 „
Kaliumsulfat . . .	1·16 „	1·06 „	1·11 „	1·305 „
Rohrzucker	6·29 „	5·63 „	5·96 „	5·13 „
Kaliumacetat . . .	1·072 „	1·003 „	1·03 „	0·98 „
Kaliumoxalat . . .	1·27 „	1·18 „	1·225 „	1·245 „
Magnesiumsulfat . . (mit 7 Aq.)	3·52 „	3·26 „	3·39 „	3·69 „
Magnesiumsulfat . . (wasserfrei)	1·84 „	1·72 „	1·78 „	1·80 „
Chlorcalcium . . . (geschmolzen)	0·853 „	0·794 „	0·823 „	0·832 „

Aus der Tabelle geht hervor, dass die Ziffern unter IV und V, im Allgemeinen auf befriedigende Weise übereinstimmen, dass für Lösungen von Rohrzucker eine etwas höhere Concentration als die unter V angegebene nothwendig ist, um in dem beschriebenen Versuche eine ungefärbte obere Schichte zu erhalten, und dass Sulfas kalicus und Sulfas magnesiae in entgegengesetztem Sinne eine geringe Abweichung zeigen.

[1] Pringsheim's *Jahrbücher*. S. 512.

Tabelle B giebt einen Ueberblick der Resultate, erhalten mit einigen Salzen, die Hugo de Vries nicht in seine Untersuchungen aufgenommen hat. Die ersten vier Spalten haben die nämliche Bedeutung wie in Tabelle A. Die 5. Columne enthält die Durchschnitte der mehrgenannten Concentrationsgrenzen, wie die auf S. 477 angegebenen Regeln sie voraussetzen.

Dieser Voraussetzung nach, wird die den Zahlen in Columne V entsprechende Concentration der KI-Lösung berechnet wie folgt:

Das Moleculargewicht von KNO_3 ist 101; das von KI ist 166. Da nun der isotonische Coëfficient des KI $= 2 + 1 = 3$, jenem des KNO_3 gleich sein muss, so ist 1 Molecül KI isotonisch mit 1 Molecül KNO_3, oder 166 Gewichtstheile KI isotonisch mit 101 Gewichtstheilen KNO_3, oder endlich eine Jodkaliumlösung von 1·66 Procent isotonisch mit einer Salpeterlösung von 1·01 Procent.

Ebenso wird die Concentration der Chlorbariumsolution durch folgende Betrachtung abgeleitet:

Das Moleculargewicht von $BaCl_2 + 2$ Aq ist 244. Da der isotonische Coëfficient von Chlorbarium $= 0 + 2 \times 2 = 4$ ist, so sind 4 Molecüle $BaCl_2$ isotonisch mit 3 Molecülen KNO_3, oder $^3/_4 \times 244$ Gewichtstheile ($BaCl_2 + 2$ Aq.) mit 101 Gewichtstheilen Kalisalpeter, und ist also endlich eine Lösung von 1·83 Procent des krystallisirten Chlorbariums isotonisch mit einer Salpeterlösung von 1·01 Procent.

Auch in Tabelle B findet man, dass die berechneten und die gefundenen Ziffern wohl übereinstimmen.

Tabelle B.

I	II	III	IV	V	
Stoffe.	Gehalt, wobei die Blutkörperchen in einer farblosen Flüssigkeit sich senken.	Gehalt, wobei die Blutkörperchen weniger vollkommen sich senken und die Flüssigkeit roth ist.	Im Durchschnitt	Berechnet	mit Coëff.
Jodkalium . .	1·71 Proc.	1·57 Proc.	1·64 Proc.	1·66 Proc.	3
Jodnatrium . .	1·54 „	1·47 „	1·55 „	1·50 „	3
Bromkalium . .	1·22 „	1·13 „	1·17 „	1·19 „	3
Bromnatrium .	1·06 „	0·98 „	1·02 „	1·03 „	3
Chlormagnesium (mit 7 Aq.)	1·58 „	1·47 „	1·575 „	1·522 „	4
Chlorbarium. . (mit 2 Aq.)	1·87 „	1.75 „	1·81 „	1·83 „	4

Versuche, welche ausgeführt wurden, um zu ermitteln, in wie weit freie Säuren den Regeln der Isotonie folgen, führten nicht zum erwünschten Resultate. Gemische von defibrinirtem Blut und Lösungen von Weinsteinsäure, Hippursäure und Citronensäure in höheren und niedrigeren Concentrationen färbten sich nach kürzerer oder längerer Zeit dunkelbraun, und die Masse wurde körnig. Lösungen von Borsäure ebenso wie von NH_4Cl entzogen bei jeder Concentration den Blutkörperchen ihren Farbstoff. Die Flüssigkeit blieb aber im Gegensatz zum Verhalten der obigen Säuren roth.

Um zu sehen in wie weit Borsäure und Chlorammonium sich als solche hinsichtlich der Blutkörperchen verhielten, musste der Einfluss des Wassers ausgeschlossen werden. Zu diesem Zwecke schlug Prof. Donders vor, die Wirkung dieser Stoffe zu untersuchen bei Gegenwart einer Salpeterlösung, in welcher allein die Blutkörperchen sich senken, indem sie eine farblose Flüssigkeit zurücklassen. [Die Blutkörperchen des bei diesen Versuchen angewandten defibrinirten Blutes senken sich in einer KNO_3 Lösung von 1·04 Procent, ohne Haemoglobin abzutreten, während in einer 0·96 procentigen Lösung der Austritt des Haemoglobins deutlich zu beobachten war.] Jetzt wurden 20 ccm Salpeterlösung von 1·11 Procent vermischt mit 1·33 ccm Chlorammonium verschiedener Concentrationen, so dass jedesmal Flüssigkeiten entstanden, welche 1·04 Procent Salpeter enthielten mit verschiedenen Quantitäten Chlorammonium. Auf diese Weise konnte sich herausstellen, welche die kleinste Quantität Chlorammonium war, hinlänglich, um in einer Salpeterlösung von 1·04 Procent, in welcher allein, in Abwesenheit von NH_4Cl, die Blutkörperchen sich völlig senkten, Haemoglobin austreten zu machen.

Dies geschah nun, wenn die Salpeter-NH_4Cl-Lösung 0·156 Procent NH_4Cl enthielt. Auf das ganze Volum der Flüssigkeit berechnet, bewirkt also Chlorammonium von $\frac{1·33}{21·33} \times 0·156$ Procent $= 0·097$ Procent schon den Austritt des Haemoglobins. Dasselbe bewirkte Borsäure-Lösung von 0·086 Procent.

Um eine Vorstellung zu erhalten von der Wirkung von Chlorammonium, in der Gegenwart von Salpeterlösungen höherer Concentration, wurden 20 ccm 2 procentiger Salpeterlösung mit 1·33 ccm Chlorammonium von 20 Procent vermischt: diese relativ starke Salmiaklösung bewirkte keinen Austritt von Haemoglobin.

Aus dieser Thatsache darf man den Schluss ziehen, dass Salpeter die Wirkung von Chlorammonium auf die Blutkörperchen, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen neutralisirt. Weiter wurde noch der Einfluss von Harnstoff- und Glycerinlösungen (beide Ammoniakfrei) untersucht. Sowohl in starken wie in schwachen Concentrationen, verursachten sie den Austritt

des Haemoglobins. Die Einwirkung von Glycerin geht ziemlich langsam vor sich, so dass es bisweilen geschehen kann, dass erst, nachdem sich eine grosse Quantität Blutkörperchen gesenkt hat (und hierdurch eine farblose Flüssigkeitsschicht übrig geblieben), der Austritt von Haemoglobin in der unteren Schicht anfängt. Kehrt man nun später das Probirröhrchen um, so vermischt sich der ausgetretene rothe Farbstoff mit der ganzen Flüssigkeitsmasse und eine farblose Schicht tritt nicht mehr auf.

Es verdient noch bemerkt zu werden, dass die Senkungsschnelligkeit gewöhnlich am grössten ist für Salpeterlösungen von nicht höher als 7·15 Procent. Für höhere Concentrationen ist die obere Schichte auch nicht mehr farblos, sondern sie ist röthlich gefärbt. Dies wurde auch bei anderen Salzen und bei Rohrzucker beobachtet.

II. Vergleichung des Einflusses von Salzlösungen auf defibrinirtes und nichtdefibrinirtes Rinderblut.

Von einer gewissen Quantität nichtdefibrinirten Blutes wurde ein Theil sofort in Salzlösungen gegossen und wenig damit vermischt, während der Rest defibrinirt und auf gleiche Weise mit den Salzlösungen behandelt wurde, wie das nichtdefibrinirte. Der relativ geringe Unterschied zwischen den Concentrationen von Lösungen, welche nöthig waren, um dieselben Erscheinungen im defibrinirten und im nichtdefibrinirten Blute hervorzubringen, veranlasste uns Flüssigkeiten anzuwenden, welche unter einander weniger in Salzgehalt differirten als die bisher benutzten.

War jedoch bei den vorigen Versuchen, wobei eine Salpeterlösung von z. B. 0·96 Procent benutzt wurde, die rothe Farbe zu beobachten, so konnte man bei Anwendung einer Kalisalpeterlösung von 1·05 Procent nur eine rothe Nuance wahrnehmen, wenn man obige Flüssigkeit verglich mit einer völlig farblosen, welche denn auch immer frisch und zwar auf die Weise bereitet wurde, dass man Blut vermischte mit Lösungen, von denen die Concentrationen unzweifelhaft den Austritt von Haemoglobin verhinderten. Die Bestimmung der Grenzen blieb dennoch sehr scharf.

Umstehende Tabelle C enthält einige Resultate, erhalten mit Mischungen von Salpeter-, Chlornatrium- und Zuckerlösungen mit dem nichtdefibrinirtem Blute.

Man sieht aus dieser Tabelle, dass nichtdefibrinirtes Blut eine Salzlösung erfordert, von einer ein wenig höheren Concentration als defibrinirtes Blut, und dass die Isotonie bei Salpeter und Chlornatrium unverändert bestehen bleibt, während Zucker eine geringe Abweichung zeigt.

Tabelle C.

	I Stoffe	II Gehalt, wobei die Blutkörperchen sich in farbloser Flüssigkeit senken.	III Gehalt, wobei die Blutkörperchen sich weniger vollkommen senken und die Flüssigkeit roth ist.	IV Im Durchschnitt	V Isotonisch mit Salpeter-Lösung von:	Berechnet mit dem Coëfficienten
Defibrinirtes Blut	Kaliumnitrat	1·072 Proc.	1·05 Proc.	1·06 Proc.	1·06 Proc.	3
	Kochsalz	0·620 „	0·609 „	0·614 „	1·06 „	3
	Rohrzucker	5·48 „	5·38 „	5·43 „	1·06 „	2
Nicht defibrinirtes Blut	Kaliumnitrat	1·089 „	1·072 „	1·08 „	1·08 „	3
	Kochsalz	0·6305 „	0·620 „	0·625 „	1·08 „	3
	Rohrzucker	5·67 „	5·57 „	5·62 „	1·097 „	2

III. Einfluss der Temperatur der Salzlösungen auf den Austritt von Haemoglobin im Rinderblute.

Die Lösung von Kalisalpeter, Chlornatrium, und Rohrzucker[1] wurden auf 0°, 14° und 34° gebracht.

Nachdem die Lösungen auf die gewöhnliche Weise mit defibrinirtem Rinderblute vermischt, wurden diese Flüssigkeiten während 20 Stunden in geschlossenen Probirröhren auf ihren respectiven Temperaturen gehalten.

Tabelle D.

Stoffe	0°		14°		34°	
	Gehalt, wobei die Blutkörperchen sich in einer farblosen Flüssigkeit senken	Gehalt, wobei die Blutkörperchen sich weniger vollkommen senken und die Flüssigkeit roth ist	Gehalt, wobei die Blutkörperchen sich in einer farblosen Flüssigkeit senken	Gehalt, wobei die Blutkörperchen sich weniger vollkommen senken und die Flüssigkeit roth ist	Gehalt, wobei die Blutkörperchen sich in einer farblosen Flüssigkeit senken	Gehalt, wobei die Blutkörperchen sich weniger vollkommen senken und die Flüssigkeit roth ist.
Kaliumnitrat	1·052 Proc.	1·03 Proc.	1·052 Proc.	1·03 Proc.	1·052 Proc.	1·03 Proc.
Chlornatrium	0·62 „	0·609 „	0·62 „	0·609 „	0·62 „	0·609 „
Rohrzucker	5·48 „	5·38 „	5·48 „	5·38 „	5·48 „	5·38 „

[1] Diese drei Stoffe wurden vorzüglich benutzt, weil ihre Moleculargewichte so sehr verschieden sind, und im Zusammenhang hiermit die erforderlichen Concentrationen sehr abweichen.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass der Einfluss der Temperatur nicht besonders gross ist. Er war aber dennoch stets merkbar, und zwar in dem Sinne, dass, je niedriger die Temperatur, desto geringer die Concentrationen der Flüssigkeiten waren, bei denen schon eine total farblose Schicht sich über den Blutkörperchen erhob. Sehr deutlich war es, zum Beispiel, wahrzunehmen, dass für Salpeter, bei Anwendung einer Salzconcentration von 1·03 Procent, die obere Schicht fast farblos war, so dass man fast geneigt sein konnte, die Zahl 1·03 Procent unter den vorigen Spalt zu setzen.

Benutzte man dieselbe Salpeterlösung bei 34°, so war die obere Schicht stark roth, viel stärker als bei einer Lösung von 14°. Besonders deutlich wurde dasselbe bei Zucker und Chlornatrium wahrgenommen. In einer früheren Reihe von Versuchen mit Bromkalium, wurde ein ähnlicher Einfluss deutlich wahrgenommen.

Zum Schluss noch die Bemerkung, dass nach 20 Stunden bei 0°, die Blutkörperchen sich in zwei, von einander deutlich getrennten Schichten, gesenkt hatten, von welchen die obere schwach röthlich und fast durchscheinend, stets bei allen Lösungen viel dicker war, als in den Gemischen von 14°, und dass endlich, nach Verlauf derselben Zeit, Gemische von 34° diese Schicht nicht zeigten.

Wahrscheinlich handelt es sich hier um eine Differenz in der Senkungsgeschwindigkeit, denn schliesslich sieht man die obere Schicht ganz und gar in die untere übergehen. Auch mikroskopisch konnte kein Unterschied zwischen den Körperchen beider Schichten wahrgenommen werden.

IV. Versuche mit dem Blute anderer Thiere als das von Rindern.

a. Schweineblut.

Schweineblut erforderte ungefähr dieselben Concentrationen von Salpeter, Kochsalz- und Rohrzuckerlösungen, als Kuh- und Ochsenblut.

b. Vogelblut.

Die Isotonie für das defibrinirte Hühner- und Entenblut, welche beide genau die nämlichen Ziffern ergaben, wurde mit Salpeter, Kochsalz, Magnesiumsulfat, Chlorcalcium und Chlorbarium untersucht. Die Grenzen für Salpeter ergaben sich als 0·769 und 0·714 Procent, für Chlornatrium 0·4498 und 0·417 Procent, und für Rohrzucker 3.944 Procent und 3·66 Procent. Es war in der That merkwürdig zu sehen, wie die Farbennuancen der entsprechenden über den Körperchen stehenden Flüssigkeiten für Salpeter, Kochsalz und Zucker in den isotonischen Concentrationen von de Vries völlig übereinstimmten. In Beziehung zu Magnesiumsulfat und Chlorcalcium war noch zu bemerken, dass Flüssigkeiten, bei Anwendung

von Concentrationen, isotonisch mit einer Salpeterlösung von 0·769 Procent, eine schwach röthliche Färbung zeigten, welche nur bei Vergleichung mit gänzlich farblosen Lösungen zu beobachten war, und dass bei Anwendung höherer (isotonisch mit Salpeter von 0·82 Procent) und niedrigerer Concentrationen die obere Flüssigkeit eine viel dunkler-röthliche Verfärbung annahm.

Für eine Chlorbariumlösung, isotonisch mit Salpeter von 0.769 Procent (isot. Coëff. 4) hatte die obere Flüssigkeit dieselbe Farbe, wie für Chlorcalcium derselben isotonischen Concentration.

In einer Chlorcalciumlösung, isotonisch mit einer Salpetersolution von 0·798 Procent, senkten sich die Blutkörperchen völlig zu Boden, ohne Haemoglobin zu verlieren.

Mittels Vogelblut haben wir die isotonischen Coëfficienten von Ferrocyankalium ($K_4 Fe CN_6 + 3 Aq$) und von Ferricyankalium ($K_6 Fe_2 CN_{12}$) bestimmt. Für das erste fanden wir den Coëfficienten 8, für das zweite 12. Wenn die dritte These von de Vries auch hier angewandt werden darf, so ist der isotonische Coëfficient der Ferrocyanwasserstoffsäure $8 - 4 \times 1 = 4$, und der von Ferricyanwasserstoffsäure $12 - 6 \times 1 = 6$ (da der isotonische Coëfficient eines Alkalimetalles = 1 ist). Eine fernere Bemerkung verdient noch die Thatsache, dass Vogelblut einen Tag später nicht mehr für genaue Beobachtungen benutzt werden konnte. Nach der Senkung der Blutkörperchen konnten nur bei ziemlich frischem Blute farblose Flüssigkeiten erhalten werden. Rinderblut hingegen, ergab auch nach zwei Tagen benutzt dieselben Resultate wie das frische.

c. Fischblut.

Das Fischblut wurde erhalten, durch Herausnahme des sich in Diastole befindenden Herzens einer Schleie, nachdem die sämmtlichen Gefässe unterbunden waren. Hier ergab sich, dass die bekannten Grenzen für Zucker und Chlornatrium-Lösungen isotonisch waren mit Salpeterlösungen von 0·714 und 0·625 Procent. Auch für Kalisalpeter selbst galten dieselben Grenzen. Man konnte aber bemerken, dass die Flüssigkeit für die Salpeterlösung von 0·625 Procent stärker roth gefärbt war, als für die damit (nach de Vries) isotonische Zucker- und Chlornatriumlösung, bei welchen beiden letzteren die Farbennuance völlig gleich war.

In Salpeter senkten sich die Blutkörperchen nicht so schnell wie in Chlornatrium und Zucker. Obige Ziffern sind das Resultat mehrerer Versuche.

d. Amphibienblut.

Gleich wie das Blut der Schleie wurde das Froschblut (Rana esculenta) erhalten, durch Entfernung des seines Pericardiums beraubten Herzens, nach Unterbindung sämmtlicher Gefässe.

Die Grenzlösungen für Salpeter, Chlornatrium und Zucker waren, in Salpeterwerth ausgedrückt, im Durchschnitt 0·325 und 2·807. Dabei war aber zu bemerken, dass in der Salpeterlösung von 0.2807 Procent die Flüssigkeit am meisten roth, in der entsprechenden Zuckerlösung weniger roth, und in der Kochsalzlösung am wenigsten roth war. Der Unterschied der Nuancirungen beider letzteren war nur ein geringer.

V. Schluss.

Fassen wir die Resultate der vorigen Versuche zusammen, so bemerken wir, dass die isotonischen Coëfficienten von Prof. Hugo de Vries im Allgemeinen bei den Blutkörperchen wiedergefunden werden, und insbesondere:

1. dass, für Rinder- und Vogelblut, die Alkalisalze genau den von de Vries angegebenen Regeln entsprechen, für Fisch- und Amphibienblut jedoch eine geringe Abweichung zeigen in gleichem Sinne.

2. dass Rohrzucker für Rinderblut einen Coëfficienten 2 zeigt (siehe Tabelle C), welches auch sehr genau bei Vogelblut wieder angetroffen wird; dass man für Fisch- und Froschblut eine kleine Abweichung in gleichem Sinne wahrnimmt, und zwar so, dass ein einigermaassen grösserer Coëfficient erforderlich wird.

3. dass die Erdalkalisalze für Rinderblut ziemlich gleichmässig den isotonischen Coëfficienten erfordern (Tabelle A), für Vogelblut aber mehr nach dem Coëfficienten 4·3 hinneigen, wie de Vries für Pflanzenzellen fand; das Nämliche gilt für Chlorbarium.

4. dass Chlorammonium, Borsäure, Glycerin und Harnstoff, sowohl in concentrirten wie in verdünnten Lösungen, den Austritt von Haemoglobin bewirken (auch da, wo Kalisalpeter anwesend ist); dass Säuren, wie Hippursäure, Citronensäure und Weinsteinsäure in verschiedenen Concentrationen die Blutkörperchen zu einer braungefärbten körnigen Masse reduciren, und dass Ferrocyankalium den isotonischen Coëfficienten 12 besitzt, woraus, mit Berücksichtigung der zweiten These von de Vries, abgeleitet werden kann, dass die Coëfficienten von Ferro- und Ferricyanwasserstoffsäure 4 und 6 sind.

5. dass das Defibriniren des Rinderblutes die erforderlichen Concentrationen ein wenig niedriger macht, während übrigens die Isotonie für Salpeter und Chlornatrium ihre Gültigkeit behält, und für Rohrzucker eine geringe Abweichung zeigt.

6. dass bei höherer Temperatur die Concentrationen der Salzlösungen steigen, in denen die Blutkörperchen, ohne Haemoglobin abzugeben, sich zu Boden senken; späterhin, dass bei Erhöhung der Temperatur auch die Senkungsgeschwindigkeit merklich zunimmt.

7. dass die Grenze für die Concentrationen der Salzlösungen, in welchen die Blutkörperchen, ohne Haemoglobin abzutreten, sich senken, in Salpeterwerth ausgedrückt ist: von Rinder- und Schweineblut durchschnittlich 1 Procent, von Vogelblut 0·741 Procent, von Süsswasserfischblut 0·669 Procent und von Froschblut 0·3021 Procent.

8. dass die Senkungsgeschwindigkeit, bei gleicher Temperatur, für Rinderblut am geringsten ist.

Wenn sich nun zeigte, dass der Austritt von Haemoglobin mit der Plasmolyse in den Blutkörperchen zusammenfiel, dann könnte ersteres vielleicht als makroskopischer Index für Plasmolyse angesehen werden. Was ergab sich aber? In einer Zuckerlösung von 3·1 Procent hatten, den mikroskopischen Wahrnehmungen von Prof. Donders zufolge, fast alle Froschblutkörperchen den Anfang der Plasmolyse überschritten, während makroskopische Versuche lehrten, dass in einer Zuckerlösung von etwa 1·4 Procent der Austritt von Haemoglobin stattfand. Bei der Mittheilung der Resultate der mikroskopischen Methode, wird der Zusammenhang der Plasmolyse in Pflanzenzellen mit den bei Blutkörperchen wahrgenommenen Erscheinungen einer eingehenderen Untersuchung unterworfen werden.

Wir haben die Absicht, die Einwirkung von Salzlösungen auch auf lebende Gewebe zu prüfen.

Die Verheilung von Nerven benutzt zum Studium der Functionen der Nervencentren.

Versuche von

Prof. A. Stefani
in Ferrara.

I.

In Nr. 34 des *Centralblattes für die medicinischen Wissenschaften*, Jahrg. 1883, findet sich eine Mittheilung von Rawa, betitelt „Ueber Zusammenwachsen von Nerven verschiedenster Bestimmung und verschiedenster Function.“ Der Verfasser berichtet, dass es ihm gelungen sei, sowohl den centralen Stumpf des Nervus tibialis posterior mit dem peripherischen des Peroneus und umgekehrt, als den centralen Stumpf des Hypoglossus mit dem peripherischen des Vagus und umgekehrt, zusammenzuheilen.

Die Ergebnisse seiner zahlreichen Versuche an Kaninchen, Katzen, Hunden, Ziegen und Schweinen fasst er wie folgt zusammen:

1. Das Zusammenheilen durchschnittener Nervenstämme gelingt besser durch einfaches Aneinanderbinden, als durch die Nervennaht.

2. Beim Verwachsen des peripheren Endes eines Muskelnerven mit dem centralen eines beliebigen anderen wird die Function des ersteren total hergestellt.

3. An den Processen der Verwachsung betheiligt sich das Perineurium in hervorragender Weise.

4. Die centralen Nervenapparate können Organe innerviren, die zu ihnen nicht hingehören, sofern sie mit denselben verbunden sind.

5. Die centralen Nervenapparate sind Hauptcrnährungsherde für periphere Nervenendigungen.

6. Zur Wiederherstellung der Function erwies sich eine Zeit erforderlich, deren Dauer zwischen 6 und 10 Monaten schwankte.

Da eine Ausführung der bei den einzelnen Versuchen erhaltenen Resultate fehlt, so lassen es die oben citirten Schlüsse zweifelhaft, ob Rawa, wenn er von Wiederherstellung der Function spricht, an die specielle Function des Nerven denkt, oder an die normale Function des Organs, zu dem der Nerv geht.

In der Sitzung der Akademie in Ferrara vom 31. Mai 1885, theilte ich eine Abhandlung mit, betitelt: „Das Zusammenheilen von Nerven, benutzt zum Studium der Functionen der Nervencentren“ (L'incrociamento dei nervi utilizzato per lo studio delle funzioni dei centri nervosi), deren Inhalt ich hier kurz zusammenfasse.[1] Ich gehe aus von der Frage, ob die Muskeln, wenn sie von einem Nerven gereizt werden, der nicht ihr eigener ist, d. h. wenn ihr Rapport mit den Nervencentren geändert ist, noch in coordinirter Weise an der Ausführung einer absichtlichen Bewegung mitwirken können.

Ich ziehe die Resultate der Versuche von Flourens an einem Hahn, bezüglich der Vereinigung des centralen Stumpfes des Radialis mit dem peripherischen des Medianus, und umgekehrt, in Betracht, und zeige, dass sie zur Lösung der Aufgabe, die ich mir gestellt habe, nicht verwerthbar sind, da die Tauben, an denen ich den Radialis oder Medianus ausgeschnitten hatte, die Fähigkeit regelrecht zu fliegen, beibehielten.

Ich führe dann die obigen Schlussfolgerungen Rawa's an, und bemerke, dass wegen des Mangels an experimentellen Angaben und wegen der geringen Klarheit, mit der sie formulirt sind, es nicht möglich ist zu sagen, ob und welche Berührung sie mit dem Zwecke meiner Untersuchungen haben können.

Um zu meinem Ziele zu gelangen, nahm ich mir vor, bei Hunden den peripherischen Stumpf des Medianus mit dem centralen des Radialis, und umgekehrt zu verbinden, und die Bewegungen der betreffenden Pfote bei den Hunden zu studiren, bei welchen die Zusammenheilung stattgefunden hatte.

Diesen Experimenten ging die Untersuchung der Wirkungen der Reizung und der Durchschneidung des Radialis und Medianus beim Hunde voraus. Bei der Reizung des Radialis mit Inductionsströmen von mässiger Intensität erhielt ich Streckbewegungen, und bei der des Medianus Beugebewegungen der Pfote.

Bei Durchschneidung des Radialis erhielt ich vollständige und dauernde Paralyse aller Streckbewegungen der Pfote, und bei der des Medianus, Paralyse, aber keine vollständige, der Beugebewegungen.

---

[1] Die Abhandlung wurde in den *Berichten der Akademie* veröffentlicht, und darauf auch in der *Rivista Clinica*, Juli 1885.

An Hunden wurde durch Catgut-Nath der peripherische Stumpf des Medianus mit dem centralen des Radialis, und der peripherische Stumpf des Radialis mit dem centralen des Medianus am selben Gliede vereinigt. Die Zusammenheilung gelang vier Mal. Von diesen vier positiven Fällen wähle ich einen zum ausführlichen Berichte, indem ich bemerke, dass die bei den anderen drei zu Tage getretenen Erscheinungen wesentlich die gleichen waren.

Die hauptsächlichen Thatsachen dieses Versuches sind folgende:

16. Mai 1884. An der linken Vorderpfote eines Hundes wird mittels Catgut-Nath der centrale Stumpf des Medianus mit dem peripherischen des Radialis, und der centrale Stumpf des Radialis mit dem peripherischen des Medianus verbunden.

Nach der Operation bemerkt man vollständige Paralyse des Gefühles und der Bewegung in der Pfote.

6. Juni 1884. Die Paralyse der Pfote besteht, diese schwankt wie ein Pendel. Die Muskeln des Unterarmes sind atrophisch.

1. September 1884. Der Hund giebt Zeichen von Schmerz, wenn man die Zehen reizt, und macht mit der Pfote einige Beuge- und Streckbewegungen.

4. December 1884. Man bemerkt Beuge- und Streckbewegungen, die mit der Mechanik der Locomotion stimmen. Die Beugung ist jedoch überwiegend; der Hund stützt sich nicht mit der Sohle der Pfote auf den Boden, sondern mit dem Nagelrand der Zehen. Vorher hielt der Hund beim Gehen die Pfote aufgerichtet und gebeugt, oder er stützte sich auf das äusserste Ende des Vorderarmes.

11. Februar 1885. Beim Gehen stützt sich der Hund auf die Pfote und stösst sie stark gegen den Boden. Die Streckbewegungen sind deutlicher und wirksamer. Ausser für die Bedürfnisse der Ortsveränderung gebraucht der Hund die linke Pfote auch zum Festhalten der ihm vorgeworfenen Knochen, und reicht sie selbst dar, wenn man ihn dazu auffordert. Das andauernde Ueberwiegen der Beugebewegungen erlaubt mir jedoch nicht mit Sicherheit zu entscheiden, ob in diesem letzten Fall der Hund mit der Pfote wahre active Streckbewegungen macht.

Die Muskelatrophie ist verringert.

28. Februar 1885.

Mit dem Inductionsstrome werden die Nervi medianus und radialis der linken Seite oberhalb der Vereinigungsnarbe gereizt. Die Reizung des Medianus ruft Streckbewegungen, und die des Radialis Beugebewegungen hervor.

23. März 1885.

Der Hund wird getödtet und unmittelbar darauf werden die Nervi medianus und radialis der linken Seite praeparirt. Der Medianus wird direct nach Isolirung unterhalb der Vereinigungsnarbe gereizt; man erhält Beugebewegungen. Man isolirt darauf den Radialis oberhalb der Narbe, reizt ihn, und erhält ebenfalls Beugebewegungen der Pfote. Man isolirt darauf den Medianus oberhalb der Narbe und reizt ihn; aber man erhält keine Bewegung, die Erregbarkeit war verschwunden. Die anatomische Praeparation dieser Nerven im einen, wie im anderen Gliede wird sorgfältig ausgeführt; dieselbe ergiebt mit Deutlichkeit im linken Gliede den Uebergang des mit dem Cubitalis vereinten Medianus in den Radialis und umgekehrt.

Auf Grund dieser experimentellen Resultate habe ich geschlossen, dass der Hund mit der Vorderpfote coordinirte Bewegungen auszuführen vermochte und zwar zum Zwecke absichtlicher Ortsveränderung, zur Festhaltung der ihm vorgeworfenen Knochen, und um die Pfote darzureichen, trotzdem dass der Beugenerv (der Medianus) zur Innervation der Strecker diente und der Strecknerv (der Radialis) zur Innervation der Beuger.

Bei der Bedeutung dieser Thatsache für die Lehre von den Localisationen schienen mir neue Untersuchungen nothwendig zu sein.

Im Juliheft des Jahrg. 1885 *dieses Archives* findet sich eine Arbeit von Rawa unter dem Titel: „Ueber Zusammenwachsen von Nerven verschiedenster Bestimmung und verschiedenster Function," die eine Ergänzung zu der Mittheilung im *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften* darstellt.

In dieser Arbeit werden die experimentellen Thatsachen angeführt, und die Bedeutung der oben erwähnten Schlussfolgerungen erklärt. Rawa meint bewiesen zu haben, dass die Muskeln zur Lösung ihrer Function mitwirken können, auch wenn sie von Nerven erregt werden, welche in natürlicher Ordnung zu anderen Muskeln gehören, und dass der Wille lernt, in irgend einer Art, die Erregungen längs des sonst nothwendigen Weges zu übersenden, um den beabsichtigten Zweck zu erreichen.

Aber wenn diese Schlussfolgerungen mit den meinen übereinstimmen, so scheinen doch die Versuche, auf welche sie sich stützen, nicht scharf beweisend. Rawa vollzog in denselben Gliedmaassen allein die Vereinigung des centralen Stumpfes des Peroneus mit dem peripherischen des Tibialis posterior, oder allein die Vereinigung des centralen Stumpfes des Tibialis mit dem peripherischen des Peroneus.

Bei den derartig operirten Thieren müssen im ersten Falle Streckbewegungen, und im zweiten Beugebewegungen vorherrschen, und deshalb muss der Pfote die nothwendige Freiheit fehlen, eine reguläre Bewegung auszuführen und dem Beobachter ist das Kriterium zur Beurtheilung genommen, ob diese Bewegung freiwillig und zweckmässig coordinirt ist.

Rawa spricht von Beuge- oder Streckbewegungen von Seiten der Pfote, deren Nervus tibialis mit dem Peroneus oder umgekehrt zusammengewachsen war, aber er macht keine Angabe über den scheinbaren Zweck derselben. Die Kaninchen, bei denen die Zusammenheilung des centralen Stumpfes des Tibialis mit dem peripherischen des Peroneus gelang, streckten die Pfoten aus, wenn sie an den Ohren hochgehoben wurden. Aber diese Thatsache beweist nicht, was sie beweisen soll.

Wenn Muskeln, die mit den Centren mittels eines anderen Nerven in Verbindung stehen, Contractionen ausführen, so stimmt das mit dem vollständig überein, was zur Zeit über die Functionen der Nerven und Nervencentren bekannt war. Unentschieden war dagegen noch, ob das Thier mit diesen Muskeln coordinirte Bewegungen vollziehen konnte.

Rawa's neue Versuche bringen in dieser Beziehung ebenso wenig eine Angabe bei, wie seine früheren für die Frage, ob die Bewegungen der Zunge nach der Zusammenheilung des centralen Stumpfes des Vagus mit dem peripherischen des Hypoglossus freiwillig und coordinirt waren.

Die Ergebnisse von Versuchen über die Verwachsung des centralen Stumpfes des Hypoglossus mit dem peripherischen des Vagus haben keine nähere Beziehung zu den meinigen, und werden deshalb hier nicht weiter in Betracht gezogen.

Nach diesem Berichte überlasse ich es dem Leser zu beurtheilen, was Rawa zukommt und was mir betreffs des Nachweises, dass die Thiere zweckmässige coordinirte Bewegungen ausführen können, auch wenn die betreffenden Muskeln von Nerven erregt werden, welche in natürlicher Ordnung nicht zu ihnen gehören; mit anderen Worten, wenn das Verhältniss der Muskeln zu den Nervencentren geändert ist.

II.

Nachdem ich dargethan hatte, wie sich die Bewegungen der Pfote beim Hunde in Folge der Verwachsung des Medianus mit dem Radialis und umgekehrt, verhielten, war es meine Absicht zu untersuchen, wie die erregbare Zone der auf solche Weise operirten Thiere auf den elektrischen Reiz antworte.

Zu diesem Zwecke habe ich folgende Experimente gemacht.

I. Versuch.

6. Januar 1885.

Man näht mit einem Catgut-Faden den centralen Stumpf des Medianus mit dem peripherischen des Radialis zusammen, und den centralen Stumpf des Radialis mit dem peripherischen des Medianus, und zwar im linken Glied eines säugenden Hundes von anderthalb Monaten.

Sofort nach der Operation macht sich vollständige Paralyse der Bewegungen der Pfote bemerkbar.

21. Januar.

Deutliche Atrophie der Muskeln der linken Vorderpfote. Beim Gehen schleppt der Hund die linke Pfote nicht mehr nach wie früher, sondern hält sie erhoben im Zustand der Beugung, bisweilen stützt er sich auf das untere Ende des Radius. Man bemerkt Zeichen von Empfindlichkeit gegen Druck in der ersten Zehe.

5. Februar.

Man bemerkt einige Beuge- und Streckbewegungen der Pfote. Die Atrophie hat zugenommen.

20. Februar.

Der Hund gebraucht die Pfote gut zum Gehen und Laufen, indem er regelrecht die Sohle derselben auf den Boden setzt; er reicht sie auf Verlangen dar und bedient sich derselben wirksam zum Festhalten der ihm vorgeworfenen Knochen. Die Empfindlichkeit ist auch in der dritten und vierten Zehe wieder eingetreten.

2. März.

Ich sah den Hund mit der linken Pfote ein Stück Brot aus dem Napf nehmen. Auch die zweite Zehe ist empfindlich.

19. Mai.

Die Kraft, Schnelligkeit und Bestimmtheit der Bewegungen der linken Pfote nahmen bis zum ersten Mai zu. Von dieser Zeit begann ich ein geringes Ueberwiegen der Thätigkeit der Beuger über das der Strecker zu bemerken. Der Hund streckt die Pfote nicht wie anfangs, und wenn ich sie mit der Hand zu strecken versuche, so fühlte ich einen beträchtlichen Widerstand, und die Sehnen der Beuger werden stark gespannt.

6. Juni.

Nach vorangegangener Anaesthesirung mit Chloral legt man die erregbare Zone der rechten Hemisphaere frei, und reizt, wenn die Blutung ganz aufgehört hat, mit einem für die Zunge gut empfindlichen Inductionsstrom (du Bois-Reymond's Schlitten, von einem Daniell'schen Element in Bewegung gesetzt, Rollenabstand 15 cm) das sogenannte Centrum der linken Vordergliedmaassen. Man erhält keine Bewegung; man bringt denselben Reiz auf das sogenannte Centrum des Genicks, dann auf das des Gesichts, und schliesslich auf das der Hintergliedmaassen, und erhält jedes Mal klare, in den bezüglichen Theilen localisirte Bewegungen.

Man verstärkt den Reiz — Rollenabstand von 10 cm — und reizt von neuem das Centrum der linken Vordergliedmaassen; aber es er-

folgt auch dieses Mal keine Bewegung. Die Elektroden werden von einander entfernt in der Art, dass sie die ganze erregbare Zone umfassen, und auf dieselbe bald in transversaler, bald longitudinaler und bald diagonaler Richtung gesetzt. Es entstehen gleichzeitig Bewegungen der linken Hintergliedmaassen, des Gesichts und des Nackens, aber keine Bewegung seitens des linken Vordergliedes. Man verstärkt von neuem den Strom — Rollenabstand von 7 ^{cm} — und wiederholt die Reizung auf gleiche Weise.

Es entstehen tetanische Contractionen der ganzen linken Körperseite, mit Ausnahme des Vordergliedes, das unbeweglich vom Rande des Tisches herabhängt.

Nach Freilegung der erregbaren Zone der linken Hemisphaere werden die einzelnen Centren gereizt und Bewegungen des Vorder- und Hinterbeines der rechten Seite, des Gesichts und des Genickes erhalten.

Man nimmt nun von der rechten Hemisphaere die den Centren des Vordergliedes entsprechende Rinde weg, und reizt mit demselben Inductionsstrom (Rollenabstand 15 ^{cm}) die freigelegte Hirnmasse. Das linke Vorderglied bleibt unbeweglich.

Nun werden die Elektroden in die Hirnsubstanz eingesenkt und Bewegungen seitens des linken Vordergliedes nur dann erhalten, wenn sie vermuthlich das Corpus striatum treffen.

Es wird auch das sogenannte corticale Centrum des rechten Vordergliedes entfernt; und schliesslich wird der Hund vom Operationstisch genommen.[1]

Drei Tage darauf starb der Hund in Folge einer über das ganze Gehirn verbreiteten Entzündung, und die Section zeigte, dass im linken Vordergliede der Nervus radialis sich in den N. medianus deutlich fortsetzte, und dieser in jenen. Die Stärke des Radialis unterhalb der Verheilungsstelle betrug $^1/_3$ der Stärke des Radialis der rechten Seite. Die Stärke des Medianus unterhalb der Verheilungsstelle betrug $^2/_3$ der Stärke des Medianus auf der anderen Seite.

Dieser Versuch zeigte also, dass der Hund nach der Zusammenheilung des Nervus medianus mit dem Nervus radialis und umgekehrt coordinirte und absichtliche Bewegungen mit der Pfote vollführen kann; und dass nach solcher Zusammenheilung die Erregbarkeit des centralen Centrums der Vordergliedes verschwindet.

II. Versuch.

27. Juni 1885.

Man vereinigt durch Catgut-Fäden die centralen Stümpfe des Nervus medianus und cubitalis mit dem peripherischen des Radialis, und den

---

[1] Dieser Versuch wurde im Beisein und mit Unterstützung meines Freundes, Hrn. Prof. Albertoni, ausgeführt.

centralen Stumpf des Radialis mit dem peripherischen des Medianus und Cubitalis im linken Vordergliede eines Hundes im Alter von ungefähr drei Monaten.

Der Vernähung war die Reizung der einzelnen Nerven mit dem Inductionsstrom vorangegangen. Die Reizung des Radialis bewirkte Streckbewegungen der Pfote, und die Reizung des Medianus und Cubitalis Beugebewegungen.

Sofort nach der Operation macht sich eine vollständige Bewegungs- und Empfindungslosigkeit der Pfote bemerklich.

8. Juli 1885.

Die Atrophie der Muskeln des linken Unterarmes ist deutlich.

10. November 1885.

Die linke Pfote ist unempfindlich, und stark gebeugt, der Hund macht mit derselben keine Bewegung. Die Atrophie der Muskeln des linken Vorderarmes ist immer beträchtlich.

20. November 1885.

Man bemerkt die ersten Zeichen von Empfindlichkeit auf Druck in der linken Pfote.

9. December 1885.

Die Sehnen der beugenden Muskeln der linken Pfote werden durchgeschnitten.

17. December 1885.

Der Hund macht mit der linken Pfote Streckbewegungen. Beim Gehen setzt er die Sohle auf Boden.

26. December 1885.

Der Hund braucht immer und regelmässig die linke Pfote zum Gehen, und manchmal auch zum Laufen. Er hält mit derselben die Knochen fest.

21. Januar 1886.

Nach vorangegangener Chloralisirung wird die erregbare Zone der rechten Hemisphaere freigelegt, und bei Sistirung der Blutung gereizt mit dem Inductionsstrom (du Bois-Reymond's Schlitten von einem Daniell'schen Element bewegt. Rollenabstand 15 cm).

Die Reizung der einzelnen Centren bewirkte Bewegungen des Vordergliedes (Arm, Unterarm und Pfote) des Untergliedes, des Genicks und des Gesichts auf linker Seite. Die Nerven des linken Vorderarmes werden praeparirt. Der Nervus radialis und der medianus fliessen zusammen in eine grosse Narbe. Der Nervus cubitalis verläuft isolirt.

Die Reizung des Nervus radialis oberhalb der Narbe mit dem Inductionsstrome bewirkte deutliche und starke Streckbewegungen der Pfote. Die Reizung des Medianus oberhalb der Narbe bewirkte Streckbewegungen der Pfote. Solche Bewegungen waren aber nicht so stark als die anderen. Die Reizung des Cubitalis oberhalb und unterhalb der Narbe bewirkte Beugebewegungen und ebenso die Reizung des Medianus unterhalb der Narbe.

Der Hund wurde getödtet, und die anatomische Praeparation der Nerven des linken Vordergliedes wurde sorgfältig ausgeführt. Diese Praeparation hat gezeigt, dass der centrale Stamm des Radialis zum grössten Theile in den peripherischen Stumpf desselben Nerven sich fortsetzte, und dass nur einige Fasern in den peripherischen Stumpf des Medianus sich fortsetzten; dass der centrale Stamm des Medianus zum grössten Theile ($^2/_3$) in den peripherischen des Radialis, dagegen das letzte Drittel desselben in den peripherischen Stumpf des Medianus sich fortsetzte, und schliesslich dass der Nervus cubitalis sich vollständig wiederhergestellt hatte.

An diesem Hunde war also die ordnungswidrige Verheilung nicht erreicht worden und gleichzeitig fehlte nicht die Erregbarkeit des sogenannten cerebralen Centrums des linken Vordergliedes.

Die Ergebnisse dieses Versuches sind bemerkenswerth, weil sie beweisen, dass die alleinige Verwachsung der Nerven nicht ausreicht, um ein Verschwinden der cerebralen Erregbarkeit zu bewirken.

III. Versuch.

21. Januar 1885.

Man vereinigt mit einem Catgut-Faden den centralen Stumpf des Medianus mit dem peripherischen des Radialis im linken Vordergliede eines Hundes im Alter von ungefähr zwei Monaten. Von dem centralen Stumpf des Radialis und dem peripherischen des Medianus werden möglichst lange Stücke abgeschnitten. Sofort nach der Operation macht sich vollständige Paralyse der Pforte bermerklich.

5. Februar 1885.

Die Atrophie der Muskeln des Unterarmes tritt ein.

10. März 1885.

Man bemerkt die ersten Zeichen davon, dass die Empfindlichkeit auf Druck in der ersten Zehe zurückkehrt.

Der Hund beginnt mit der Pfote einige Streckbewegungen zu machen.

20. März 1885.

Die Empfindlichkeit hat sich auch in der zweiten Zehe wieder eingestellt.

24. März 1885.

Die Empfindlichkeit hat sich auch in der vierten Zehe wieder eingestellt; der Hund stützt sich beim Gehen und Laufen auf die Sohle der Pfote.

5. April 1885.

Auch in der dritten Zehe machen sich Zeichen von Empfindlichkeit bemerklich, der Hund reichte die Pfote auf Verlangen dar, und bediente sich derselben um die Knochen festzuhalten.

Das Uebergewicht der Strecker ist bedeutend.

16. Juli 1885.

Nach vorangegangener Chloralisirung legt man die reizbare Zone der rechten Hemisphaere frei, und reizt nach vollständiger Beendigung der Blutung das Centrum des linken Vorderbeines mit einem auf der Zungenspitze gut fühlbaren Inductionsstrome (du Bois-Reymond's Schlitten von einem Daniell'schen Element getrieben; Rollenabstand 15 ^{cm}). Es tritt keine Bewegung ein. Der Strom wird verstärkt — Rollenabstand 10 ^{cm} —; auf neuen Reiz erhält man Beugebewegungen des linken Armes, Unterarmes und der Pfote. Die Bewegungen der Pfote waren sehr schwach. Man wiederholt die Reizung, indem man die Elektroden ein wenig nach vorn und dann auch nach hinten bringt, aber seitens der linken Vordergliedmaassen erhält man nur Beuge- niemals Streckbewegungen.

Man entfernt die Elektroden soweit von einander, dass sie den grössten Theil der erregbaren Zone umfassen; man reizt und es treten Bewegungen des Gesichts, des Nackens der Vorder- und Hintergliedmaassen auf. Während in den hinteren Gliedmaassen die Streckbewegungen überwiegen, zeigen sich im Vordergliede nur Beugebewegungen.

Endlich wird das Centrum des Vordergliedes ausgeschnitten und der Hund vom Operationstisch entfernt.

25. Juni 1885.

Das Thier hat die Folgen der Operation glücklich überwunden und es zeigt sich im linken Vorderbeine keine Paralyse der Bewegung oder der Empfindung.

1. November 1885.

Der Hund ist immer im besten Gesundheitszustand, aber er streckt nicht wie vorher die linke Pfote. Er stützt sich auf die Enden der Zehen, anstatt auf deren Sohle. Nichtsdestoweniger reicht er auf Verlangen die Pfote dar, und braucht regelmässig dieselbe zum Zweck der Ortsveränderung, und zum Festhalten der Knochen. Die Muskeln des rechten Unterarmes sind noch stärker.

Nach vorangegangener Chloralisirung wird die erregbare Zone der rechten Hemisphaere nochmals freigelegt und durch einen Inductionsstrom gereizt.

9. Januar 1886.

Die Reizung der rechten Hemisphaere ist immer erfolglos, auch wenn der Strom sehr stark ist. (Rollenabstand 7^{cm}.)

Man legt frei und reizt die erregbare Zone der linken Hemisphaere; dieselbe antwortet der Reizung regelmässig. Wenn der Reiz stark ist (Rollenabstand 10^{cm}) bewegen sich mit den rechten Gliedern auch die linken. Die Bewegungen des linken Vordergliedes sind aber schwach und immer Beugebewegungen.

Der Nervus medianus und der Nervus radialis des linken Vordergliedes werden isolirt.

Die Reizung des Nervus radialis mit dem Inductionsstrome oberhalb der Verwachsungsstelle bewirkt keine Bewegung, während die Reizung des Medianus oberhalb der Verwachsungsstelle bald Streckung bald Beugung der Pfote bewirkt, letzteres seltner.

Die Reizung des Medianus unterhalb der Verwachsungsstelle bewirkt Beugebewegungen der Pfote.

Der Hund wurde durch Verblutung getödtet, und die Nerven des linken Vordergliedes wurden praeparirt. Es zeigt sich, dass der Nervus radialis sich nicht fortsetzte nach der Peripherie, sondern mit einer flächenförmigen Ausbreitung endigte; und dass der centrale Stumpf des Medianus sich zum grössten Theil in den peripherischen Stumpf des Radialis fortsetzte. Nur wenige Fasern hatten sich mit dem peripherischen Stumpfe des Medianus wieder verbunden.

Dieser Versuch ergänzt die Ergebnisse des ersten, indem er zeigt, dass der Hund nach der Verheilung des centralen Stumpfes des Medianus mit dem peripherischen des Radialis durch die betreffende Pfote coordinirte und absichtliche Streckbewegungen vollführen kann, und dass nach solcher Verheilung die Reizung der erregbaren Zone die Bewegungen nicht bewirkt, welche unter der Beeinflussung des gekreuzten Nerven sind. Die absolute Unerregbarkeit der erregbaren Zone der rechten Hemisphaere, im Versuche 9. Januar 1886, war vermuthlich die Folge der Operation vom 16. Juni 1885.

Wenn auch die Ergebnisse meiner Versuche nicht zahlreich sind, so scheinen sie mir doch unzweideutig. Sie beweisen 1) dass die Ausführung einer coordinirten und absichtlichen Bewegung möglich ist, auch wenn die Beziehungen der betreffenden Nerven mit den Centren geändert sind. 2) Dass die Veränderung der Beziehungen der Nerven zu den Centren, ein Verschwinden der Erregbarkeit der betreffenden cerebralen Centren bedingt.

Auf Grund dieser Thatsachen scheint mir der Schluss gerechtfertigt, dass die motorische Localisation, welche in der Hirnrinde stattfindet, nicht wie eine Necessitäts- sondern wie eine Opportunitätslocalisation betrachtet werden muss. Mit anderen Worten: die sogenannten, cerebralen Centren müssen die Stellen repraesentiren, wo sich die bequemsten, nicht aber die einzig möglichen Bedingungen für die Auslösung einer bestimmten Bewegung bewerkstelligen.

Schliesslich scheint mir bezüglich der Lehre von den Localisationen die Thatsache beachtenswerth, dass man beim ersten Hunde durch Reizung der erregbaren Zone keine Bewegungen erlangen konnte, weder der Pfote, noch vom Unterarm oder Arm, obgleich die verwachsenen Nerven ausschliesslich die Motoren der Pfote sein würden; und dass man beim dritten Hunde keine Streckbewegungen weder der Pfote, noch des Unterarms, noch des Arms erhalten konnte, obgleich nur der streckende Nerv der Pfote gekreuzt worden war.

Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und der Reflexapparate des Rückenmarkes.

Von

K. Hällstén
in Helsingfors.

(Hierzu Taf. XIV.)

6. Innervationen vom verlängerten Marke zu den Muskeln der Extremitäten.

In der letzten Abtheilung des vorhergehenden Aufsatzes (5 Muskelreflexe durch verschiedene Reize) war die Rede vom Verhalten der Reflexe vom N. ischiadicus der einen Seite zum M. gastrocnemius der anderen Seite, als das ganze Rückenmark im Praeparate erhalten war. In den hierher gehörenden Untersuchungen war auch das verlängerte Mark mehr oder weniger in den Reflexpraeparaten beibehalten, weil das centrale Nervensystem zwischen den Trommelfellen oder ein wenig nach hinten von dieser Stelle durchschnitten war. Hier entsteht daher die Frage, ob die Erhaltung des verlängerten Markes einen Einfluss auf die Zuckungen in den Muskeln der Extremitäten oder im M. gastrocnemius der benutzten Reflexpraeparate ausübt. Speciell die Versuche durch chemische Reizmittel Muskelreflexe hervorzurufen haben mich zur Untersuchung dieser Frage angeregt; bei Einwirkung auf motorische Nervenstämme werden nämlich durch chemische Reizmittel Zuckungen bekanntlich nicht nur im Augenblicke der Reizung, sondern in vielen Fällen auch längere Zeit, einige Minuten nachher, hervorgerufen; bei derartiger Reizung des sensiblen Nervenstammes an dem in Rede stehenden Reflexpraeparate scheinen anfangs gleichartige Verhältnisse hervorzutreten; Zuckungen erfolgen nämlich einige Zeit nach Einwirkung des Reizes, und sie wiederholen sich oft mehrere Male nach

längeren Zwischenzeiten. Es gilt nun auszumachen, ob diese spät auftretenden Zuckungen in dem in Rede stehenden Reflexpraeparate auf der Reizung beruhen, oder ob sie möglicherweise auch unabhängig davon entstehen können. Unsere Untersuchung dieser Frage hat gezeigt, dass in der That Zuckungen periodisch auch ohne vorhergegangene Reizungen auftreten; in Praeparaten von nicht strychninisirten Thieren sind indessen diese Zuckungen sehr unregelmässig und können auch ganz und gar ausbleiben oder sich nur vereinzelt zeigen. Anders gestaltet sich dagegen das Verhältniss in Praeparaten von strychninisirten Thieren; hier treten periodische Zuckungen häufig, ja — aus zahlreichen Versuchen in diesem Frühlinge (1885) zu schliessen — constant auf, wenn das Praeparat in den früheren Vergiftungsstadien verfertigt ist; war dagegen das Krampfstadium schon eingetreten, so zeigen sich derartige Zuckungen überhaupt nicht. Sind ferner beide M. gastrocnemius im Praeparate erhalten, so treten die Zuckungen in beiden gleichzeitig auf; und sind alle Extremitäten erhalten (auf dieselbe Weise, wie in den Versuchen 6, 7 und 8 in der letzten Abtheilung des vorhergehenden Artikels, S. 114 bis 116 im Archiv für dieses Jahr), so treten Zuckungen in allen Extremitäten gleichzeitig auf. Diese Zuckungen dauern nur wenige — 1, 2, 3 — Secunden und wiederholen sich nach Zwischenzeiten von sehr verschiedener Dauer, wie 10 bis 20, 50 bis 70 und mehr Secunden; schliesslich hören sie nach Verlauf von 8 bis 10 bis 15, bisweilen mehr Minuten ganz auf. Die folgenden Versuche beleuchten diese Verhältnisse, speciell die an strychninisirten Praeparaten, näher.

Bei Ausführung der Versuche haben wir vollständige Muskelcurven auf einen rotirenden Cylinder (verfertigt von Baltzar und Schmidt in Leipzig) aufgenommen. Die Bewegung des Cylinders war so abgepasst, dass jeder Punkt auf der gerussten Papierfläche eine Geschwindigkeit von ungefähr einem Centimeter in der Secunde hatte. Zweck der Methode ist selbstverständlich nicht nur die Grösse der Zuckungen zu beurtheilen, sondern zugleich deren Dauer und ihre mehr oder weniger tetanische Beschaffenheit oder Zusammensetzung aus mehreren auf einander folgenden Zuckungen.

Versuch 1. Reflexpraeparate von nicht strichninisirten Thieren, auf die im vorhergehenden Abschnitte angegebene Weise im Myographion aufgestellt, geben im Allgemeinen wenigstens dann und wann Zuckungen im M. gastrocnemius; diese Zuckungen sind jedoch, sogar in einem und demselben Praeparate, an Grösse und Dauer sehr variirend; wir geben daher für diesen Fall keine Muskelcurven an.

Versuch 2. Gleichartiges Praeparat von strychninisirtem Thier, wurde im frühesten Vergiftungsstadium verfertigt, als bei Reizung durch Schlag auf die Unterlage, auf welcher das Thier in einem Glasgefäss sich befand,

gerade merkbare Zuckungen in den Extremitäten auftraten. In einem solchen Versuche traten im Verlaufe von 6 Minuten 11 Zuckungen im M. gastrocnemius auf; von diesen Curven sind die 1., 3., 5., 7. und 9. in Fig. 1 abgebildet; die Ziffern zwischen Parenthesen unter den verschiedenen Curven geben die Reihenfolge der Zuckungen an. Diese Curven zeigen eine Zusammensetzung der Zuckungen von mehreren, besonders im Anfang dicht auf einander folgenden Zuckungen, die letzte Curve, welche von der Figur weggelassen ist, war von nur zwei, ganz isolirten Zuckungen verursacht. Die Zeit zwischen den verschiedenen Zuckungen variirte ziemlich stark; z. B. zwischen der 1. und 2. dauerte sie $^1/_3$ und zwischen der 10. und 11. $^3/_4$ Minute. In einem anderen Praeparate von demselben Vergiftungsstadium traten im Verlaufe von 11 Minuten 26 Zuckungen auf, die grösste Anzahl, welche bei diesen Versuchen beobachtet wurde. In diesem Praeparate waren beide M. gastrocnemii beibehalten und die Zuckungen traten in beiden Muskeln gleichzeitig hervor. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass die Höhe der einzelnen Zuckungen mit der Reihenfolge abnimmt.

Versuch 3. Gleichartiges Praeparat, aber in einem etwas späteren Vergiftungstadium verfertigt, als durch Reizung starke Zuckungen in den Extremitäten hervorgerufen wurden. In einem solchen Praeparate traten 20 Zuckungen im Verlauf von 30 Minuten hervor, auf ähnliche Weise wie im vorigen Versuche nach ziemlich variirenden Zwischenzeiten von Ruhe. Fig. 2 bildet die Muskelcurven für die Zuckungen 1, 4, 9, 16 und 19 ab.

Wir fügen noch folgenden Versuch hinzu.

Versuch 4. Praeparate von strychninisirtem Thiere im Krampfstadium zeigen überhaupt nicht die erwähnten Zuckungen oder, wo sie auftreten, thun sie es nur ganz vereinzelt; ein Beispiel für den letzteren Fall repraesentirt die Fig. 3; in diesem Falle war das Praeparat gerade nach dem ersten Krampfanfalle verfertigt, und Durchschneidung des N. ischiadicus der einen Seite war begleitet von Reflex im M. gastrocnemius der anderen Seite von nur 5^{mm} Grösse, d. h. die maximale Grösse war bedeutend vermindert. Fig. 3 deutet an, dass in diesem Falle nur eine Zuckung auftrat.

Hiermit dürften die Verhältnisse, welche die in Rede stehenden Zuckungen zeigen, hinreichend beleuchtet sein; zur Beurtheilung der Ausgangsstelle fügen wir noch folgenden Versuch hinzu.

Versuch 5. Gleichartige Reflexpraeparate, dicht über dem obersten Wirbel durchschnitten, lassen die in Rede stehenden periodischen Bewegungen im Verlaufe von 10—15—20 Minuten nicht hervortreten.

Die vorhergehenden Versuche zeigen also, dass Zuckungen in den Muskeln der Extremitäten periodisch auftreten auch ohne Reizung des N. ischiadicus; und die letzten Versuche (Versuch 5) zeigen, dass diese periodischen Zuckungen von dem verlängerten Mark ausgehen.

Was die Ursache dieser periodischen Zuckungen betrifft, so deutet die angewandte Untersuchungsmethode, dass sie ganz unabhängig von den Circulations-, Respirations-, Digestions- und Urogenitalorganen sowie vom Bauchfell und von der Haut, weil alle diese Theile von dem hier angewandten Reflexpraeparate entfernt waren. Ferner erinnern sie an die Muskelzuckungen in den Extremitäten bei höheren Thieren, welche von Hering aus verschiedenen Gründen und unter anderem in Folge von gleichem Rhythmus, mit den sogenannten Traube'schen Respirationswellen zusammengestellt sind. Einige Umstände deuten auch an, dass die hier in Rede stehenden periodischen Muskelzuckungen in nächstem Zusammenhang mit den Innervationen stehen, welche die Respirationsbewegungen vermitteln oder genauer, welche die Muskelcontractionen verursachen, durch welche der Eingang zum Larynx (aditus ad laryngem) geöffnet wird und das Luftschlucken[1] bei Fröschen zu Stande kommt; die folgenden Versuche deuten dieses näher an.

Versuch 6. Ein Frosch, der durch einen Schnitt durch die Trommelfelle enthauptet ist, liegt — wie von verschiedenen Autoren schon lange hervorgehoben ist — anfangs ohne sich zu bewegen; aber nach einigen Minuten, gewöhnlich 2—3—4, richtet er sich auf, nimmt die gewöhnliche sitzende Stellung ein, und die kleinen Bewegungen, welche stets bei gesunden Fröschen in den Wänden der Thoraxhöhle sowie in den Theilen, welche den Boden der Mundhöhle innerhalb des Unterkiefers bilden, treten wieder hervor. Eine nähere Beobachtung des Einganges zum Larynx zeigt zugleich, dass dieser, welcher im Allgemeinen geschlossen ist, nach längeren oder kürzeren Perioden bisweilen nur ein Mal, bisweilen mehrere Male dicht hinter einander sich öffnet, und zugleich, dass diese Bewegungen im Kehlkopfe oft genug von Bewegungen in den Extremitäten begleitet sind.

Beobachtungen dieser Art zeigen schon an, dass es derselbe Innervationsprocess ist, der diese beide Bewegungen vermittelt, die im Larynx und die in den Extremitäten; die Innervation in den Respirationsnerven in ihrem Verlauf im Rückenmarke, breitet sich nämlich in enthauptetem Frosche bisweilen bis zu den motorischen Nerven der Extremitäten aus. Deutlicher noch treten diese Verhältnisse in Praeparaten von strychninisirten Thieren, wie folgender Versuch andeutet, hervor.

---

[1] Vergl. Milne Edwards, *Leçons sur la Physiologie et l'Anatomie comparée.* Paris 1858. t. II. p. 387.

Versuch 7. Das Thier wird im frühesten Vergiftungsstadium enthauptet; vom Praeparate werden Manus und Pedes sowie die Haut entfernt, ferner die Decken der Adominalhöhle sowie alle hier befindlichen Eingeweide nebst dem Bauchfelle; dagegen werden im Praeparat die Wände der Brusthöhle (mit Ausnahme der Haut) und ebenso der Larynx, die Trachea und die Lungen erhalten; der eine M. gastrocnemius kann auf gewöhnliche Weise im Myographion befestigt, und der Rumpf auf passender Unterlage in horizontaler Stellung fixirt werden. In solchen Praeparaten treten die in Rede stehenden periodischen Bewegungen in allen Extremitäten gleichzeitig hervor; bisweilen bleiben doch die Zuckungen in den hinteren Extremitäten aus. Beobachtet man zugleich den Eingang zum Larynx, so sieht man, dass derselbe sich gleichzeitig mit den Zuckungen in den Extremitäten öffnet. So z. B. wurde in einem derartigen Versuche beobachtet, dass der Eingang zum Larynx sich öffnete und zugleich die vorderen, aber nicht die hinteren Extremitäten sich bewegten; in der nächsten Minute wiederholte sich dasselbe; in der vierten Minute, gerechnet von der ersten Beobachtung, öffnete sich wieder der Larynx-Eingang, und jetzt traten Bewegungen sowohl in den vorderen als in den hinteren Extremitäten ein; in der folgenden Minute wiederholte sich dasselbe, aber ungefähr $1\,{}^1/_2$ Minuten darauf war wieder die Oeffnung des Einganges zum Larynx von Bewegungen bloss in den Vorderextremitäten begleitet, und nach $1\,{}^1/_2$ Minuten wiederholten sich von neuem diese Bewegungen; schliesslich traten in der darauf folgenden Minute wieder Bewegungen der vorderen Extremitäten auf und waren begleitet von Bewegungen des Kehlkopfes ohne dass der Eingang zu demselben sich öffnete; nachher traten weiter keine Bewegungen im Praeparate auf.

Danach scheint es, dass die in Rede stehenden Zuckungen der Muskeln der Extremitäten in nächstem Zusammenhange mit denjenigen Muskelcontractionen stehen, welche die Respirationsbewegungen des Kehlkopfes vermitteln. Die Erklärung scheint uns die oben angegebene zu sein, dass nämlich die Innervationen im Rückenmarke, welche von der Medulla oblongata ausgehen und unter gewöhnlichen Umständen die Respirationsbewegungen vermitteln, sich bei enthaupteten Thieren und in unseren Reflexpraeparaten zugleich auf die motorischen Centren der Extremitäten im Rückenmarke und auf die von dort ausgehenden motorischen Nervenfasern ausbreiten. In Praeparaten von strychninisirten Thieren geschieht diese Ausbreitung leichter, da Strychninvergiftung überhaupt die Verbreitung der Erregung im Rückenmarke erleichtert.

In diesen Verhältnissen scheinen uns auch die Krampfanfälle, welche unter dem Einflusse des Strychnins auftreten, trotzdem jede von aussen wirkende Reizung verhindert wird, ihre Erklärung zu finden; es sind die

so zu sagen spontanen Innervationen im verlängerten Marke, welche Anleitung zum Krampfe dadurch geben, dass sie sich zu motorischen Centren ausbreiten.

Für den Zweck, welchen wir im Folgenden beabsichtigen, sind jedoch die Ursachen der in Rede stehenden periodischen Contractionen in den Extremitäten und ihr Zusammenhang mit den Respirationsbewegungen, sowie die Verbreitung des Strychninkrampfes von geringem Interesse. Das Hauptgewicht für unsere Aufgabe liegt darin, dass diese periodischen Contractionen in den Muskeln der Extremitäten oder im M. gastrocnemius in unserem Praeparate vermieden werden, wenn das centrale Nervensystem dicht über dem obersten Wirbel durchschnitten wird; hierdurch wird nämlich das Reflexpraeparat anwendbar für Untersuchungen in Beziehung auf die sensiblen Nerven und die Reflexapparate des Rückenmarkes.

Wir fügen hinzu, dass die Versuche, welche in dieser Abhandlung erwähnt worden sind, im Frühlinge 1885 an einheimischen Ranae temporariae ausgeführt wurden, welche 2—3—4 Wochen früher gefangen waren. Da ferner die Reflexpraeparate, welche bei dieser und den vorhergehenden Untersuchungen angewandt worden sind, sich ziemlich verschieden in verschiedenen Jahreszeiten verhalten, kann erwähnt werden, dass die Verhältnisse, von denen in dieser Abhandlung die Rede gewesen ist, auch im Winter (im December) auf dieselbe Weise auftreten; zu dieser Zeit wiederholen sich jedoch die in Rede stehenden Zuckungen in strychninisirtem Praeparate nur wenige Male, 4—5, während sie dagegen im Frühling 10—20 und noch mehrere Male hervortreten.

Nach dieser Digression, die für die nächst folgende Untersuchung ganz nothwendig gewesen ist, kehren wir wieder zu dem Gegenstande zurück, welcher im nächst vorhergehenden Artikel behandelt wurde.

---

7. Muskelreflexe vermittelst chemischer Reizung.

(Fortsetzung zu der Abhandlung 5.)

Hierzu die Figg. 4—13 auf der Taf. XIV.

Zur Untersuchung von Muskelreflexen mittels chemischer Reize haben wir Chlornatrium in concentrirter Lösung vor anderen Reizmitteln angewandt; „vom herauspraeparirten und durchschnittenen N. ischiadicus aus erzeugt" nämlich laut einer Mittheilung von Kühne „nur Cl Na Reflexe; alle übrigen Mittel liessen völlig im Stich."[1] Nach dem, was wir in der vorigen Ab-

[1] W. Kühne, Ueber chemische Reizungen. *Untersuchungen aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg.* Bd. IV. Hft. 3. S. 273.

handlung haben kennen lernen, muss bei diesen Untersuchungen das verlängerte Mark vom Praeparate entfernt werden, um in den Muskeln der Extremitäten diejenigen Zuckungen zu vermeiden, welche dann und wann von hier ausgehen. Die Reizung mit dem chemischen Mittel ist auf die Weise ausgeführt worden, dass das abgeschnittene Ende des sensiblen Nervenstammes auf eine Glasscheibe, (ein rundes Deckglas mit einem Durchmesser von etwa 15 mm) gelegt wurde, und diesem ein Tropfen des chemischen Reizmittels mittels eines Glasstabes oder einer Pipette zugeführt wurde. Was übrigens das Ausführen der Untersuchung betrifft, so sind die Myogramme an einem rotirenden Cylinder in den folgenden Versuchen auf ähnliche Weise und mit derselben Umlaufsgeschwindigkeit aufgenommen worden, wie im vorhergehenden Artikel erwähnt worden ist; dies geschah um den Verlauf der Reflexzuckungen überhaupt und besonders die Art, in welcher diese Zuckungen bei ihrem ersten Anfange verlaufen, beurtheilen zu können.

Hinsichtlich der Resultate der Untersuchungen mögen hier schon einige Umstände erwähnt werden. Es hat sich zunächst gezeigt, dass in derartigen Reflexpraeparaten, von denen hier die Rede ist, (d. h. in Reflexpraeparaten, in welchen das Rückenmark beim dritten Wirbel oder dicht oberhalb des ersten Wirbels abgeschnitten worden ist), keine Muskelreflexe durch chemische Reizung hervorgerufen werden können, — wenn nämlich die Praeparate von nicht strychninisirten Thieren verfertigt worden sind. Als Reizmittel haben wir Chlornatrium in concentrirter Lösung angewandt, wie schon erwähnt wurde, ferner Glycerin pur., Rohrzucker in concentrirter Lösung und auch noch einige andere gewöhnliche chemische Reize. Die Untersuchung muss also an Praeparaten von strychninisirten Thieren ausgeführt werden; damit ist es nothwendig geworden, das Verhältniss der Reflexe in Praeparaten von verschiedenen Vergiftungsstadien zu beobachten. Im Vorhergehenden haben wir die verschiedenen Vergiftungsstadien nach den äusseren Zeichen, welche die Vergiftung begleiten, zu beurtheilen versucht; bei den Untersuchungen, auf welche es hier abgesehen ist, wäre es nützlich, wenn die verschiedenen Vergiftungsstadien genauer bestimmt werden könnten; theilweise wenigstens kann dies auch geschehen mittels des ungleichen Verlaufes der Muskelzuckung oder durch das verschiedene Aussehen, welches die Muskelcurve zeigt, wenn die Zuckung durch mechanisce Mittel hervorgerufen wird. Die Untersuchung in dieser Beziehung hat nämlich gezeigt, dass eine solche Muskelzuckung in dem frühesten Vergiftungsstadium, wo überhaupt maximale Zuckungen durch mechanische Reizung des sensiblen Nervenstammes hervorgerufen werden können, denselben einfachen Verlauf hat, wie bei ähnlicher Reizung des motorischen Nervenstammes; die Figg. 4 a und 4 b der Tafel zeigen zwei solche Muskelcurven, Fig. 4 a bei Reizung des sensiblen und Fig. 4 b bei Reizung des motorischen Nerven-

stammes; beide sind an demselben Praeparate, welches in dem Momente bereitet wurde, als die Reizung die ersten Zuckungen in den Zehen der hinteren Extremitäten hervorrief, gewonnen. In dem folgenden Vergiftungsstadium, wo die Reizung Krampf in den Extremitäten erzeugt, und wo schon schwache Krampfanfälle vorhergegangen sind, hat die Muskelcurve das Aussehen wie die Fig. 5 zeigt; hier hat die Muskelzuckung noch dieselbe maximale Höhe wie in dem vorhergehenden Fall; das Steigen beim Eintreten der Zuckung ist ebenso dasselbe; aber diese erste Zuckung ist von kleineren Zuckungen begleitet, welche zusammen einige Secunden dauern. Im Krampfstadium schliesslich, wenn Krampf von einer Zeitdauer mehrerer Secunden vorhergegangen ist oder beim Thiere hervorgerufen werden kann, hat die Muskelcurve das in der Fig. 6 abgebildete Aussehen; hier ist die maximale Grösse der Zuckung vermindert, wie dies auch aus dem Artikel 1 — S. 173 und 187 in diesem Archiv für das vergangene Jahr — bei Anwendung von constantem Strome als Reiz hervorging; diese erste Zuckung ist zugleich von einem langen, mehrere Secunden dauernden, tonischen Contractionszustande begleitet. Durch Beobachtung sowohl der äusseren Vergiftungserscheinungen als auch der verschiedenen Formen, welche die Muskelzuckungen bei mechanischer Reizung in den verschiedenen Vergiftungsstadien zeigen, haben wir also zu bestimmen versucht, wann die Erregung in Folge chemischen Reizes durch die Reflexapparate des Rückenmarkes fortgepflanzt wird. Hinsichtlich der drei verschiedenen Formen, welche die erwähnten Muskelcurven zeigen, mag noch gesagt werden, dass die erste und letzte am leichtesten hervorzubringen sind oder einem verhältnissmässig längeren Vergiftungsstadium angehören; die mittlere kann dagegen nicht so leicht hervorgebracht werden und muss daher als zu einem kürzeren Vergiftungsstadium gehörend angesehen werden. Noch mag hinzugefügt werden, dass in den folgenden Versuchen die Vergiftungsdosis in der Art abgepasst worden ist, dass der Vergiftungsprocess langsam vor sich ging, so dass die ersten Vergiftungserscheinungen sich nach 15—10 Minuten zeigten, und nicht früher als nach 8 Minuten, von dem Augenblicke an gerechnet, wo die Einspritzung des Strychninsalzes geschah.

A. Reizung mit Chlornatrium in concentrirter Lösung.

Es wurde schon erwähnt, dass Chlornatrium in Praeparaten von nichtstrychninisirten Thieren keinen Reflex zum M. gastrocnemius auf der anderen Seite hervorbringt; bei diesen Untersuchungen wurden einheimische Frösche und auch solche, die kurz vorher aus Deutschland erhalten waren, angewandt. Die Verhältnisse, welche die Reflexe in Praeparaten von strychninisirten Thieren zeigen, werden wir durch die folgenden Versuche beleuchten, von diesen beziehen sich die vier ersten auf einfache Reflexpraeparate

(in welchen das Rückenmark durch den dritten Wirbel abgeschnitten war); die Versuche 5 und folgende beziehen sich dagegen auf Praeparate mit ganzem Rückenmark (dicht oberhalb des ersten Wirbels abgeschnitten).

Versuch 1. Einfaches Reflexpraeparat vom frühesten Vergiftungsstadium, als das Thier noch keine Reaction bei Reizung zeigte oder hierbei nur eine kleine Zuckung in den Zehen hervortrat, und als das auf gewöhnliche Weise im Myographion aufgestellte Praeparat maximale Zuckung gab, wenn der sensible Nervenstamm abgeschnitten wurde. Das Abschneiden des Nervenstammes in der Kniekehle brachte die Reflexzuckung 7·3 hervor, und bei Wiederholung 7·3 mm von derselben Form und Zeitdauer wie die Fig. 4a abbildet; darnach wurde das abgeschnittene Nervenende 15 Minuten lang mit der Clornatriumlösung gereizt, ohne dass Reflexzuckungen eintraten. Schliesslich beim Abschneiden des sensiblen Nervenstammes in der Nähe vom Plexus wurden die Reflexzuckungen 8·0 und 7·8, und beim Abschneiden des motorischen Stammes an den entsprechenden Stellen die Zuckungen 8·0 und 7·9 erhalten.

Versuche dieser Art zeigen, dass in dem frühesten Vergiftungsstadium, wo schon die hier angewandte mechanische Reizung Reflexzuckung von gewöhnlicher maximaler Grösse hervorrufen kann, die Erregung vermittelst Chlornatrium nicht durch die Reflexapparate des Rückenmarkes geht.

Versuch 2. Das Thier reagirte deutlich bei der Reizung, z. B. wenn das Glas, in welchem es verwahrt war, ein wenig gegen den Tisch gestossen wurde; bei Sprung zeigte das Thier ein mangelhaftes Coordinationsvermögen, so dass es dann und wann auf den Rücken fiel. Aber keine Krampfanfälle und nicht einmal Zuckungen in den Extremitäten von längerer Zeitdauer waren eingetreten, als das Praeparat verfertigt wurde. Beim Abschneiden des sensiblen Nervenstammes in der Kniekehle entstanden die Reflexzuckungen 7·0 und 7·0, und die Muskelcurven hatten denselben einfachen Verlauf wie in den Figg. 4a und 4b. Bei danach gemachter Reizung mit Chlornatrium trat nach 3 Minuten Muskelzuckung ein, diese war vom Tetanus begleitet, der 40 Secunden dauerte; den Verlauf der Muskelcurve zeigt Fig. 7. Ein erneuertes Abschneiden des Nervenstammes oberhalb der gereizten Stelle brachte eine Reflexzuckung von 7·3 mm hervor; das Nervenende wurde jetzt mit Glycerin pur. gereizt; 2 Minuten danach trat auch Muskelzuckung ein, vom Tetanus begleitet, der 25 Secunden dauerte; das schnelle Steigen, welches die Muskelcurve in diesem Falle in ihrem ersten Anfange hatte, zeigt Fig. 8 an. Nachdem Ruhe eingetreten war, wurde der Nervenstamm wieder abgeschnitten; dadurch die Reflexzuckung 8·0. Während der folgenden 10 Minuten wurde das Praeparat nicht gereizt und blieb in Ruhe; danach gab das Abschneiden des sensiblen Nervenstammes

die Reflexzuckuug 7·6 und 7·9, und das Abschneiden des motorischen Stammes unmittelbar darnach die Zuckungen 6·9 und 6·5; die vier letzten Schnitte geschahen an symmetrischen Stellen in den oberen Theilen der Nervenstämme.

Aehnlicher Versuch. Das Thier zeigte eine deutliche Reaction bei der Reizung; bei einem Schlage gegen den Tisch z. B. streckte es alle vier Extremitäten aus; sogar ein schwacher Krampf ging der Praeparation voran. Ein Abschneiden in der Kniekehle gab die Reflexzuckung 8·0 mm mit demselben Verlauf und von derselben Zeitdauer, wie in den vorhergehenden Fällen; nach darauf geschehener Reizung mit Chlornatrium trat nach 7 Minuten Zuckung im Muskel ein; diese hatte in ihrem ersten Anfang ein schnelles Steigen und unmittelbar nach derselben folgte ein 35 Secunden anhaltender Tetanus. Nachdem Ruhe eingetreten war, brachte das Abschneiden des sensiblen Stammes eine Reflexzuckung von 9 mm Höhe hervor.

Die Versuche zeigen also, dass Chlornatrium einen Reflex hervorruft, obgleich erst in einem etwas späteren Vergiftungsstadium.

Versuch 3. Das Praeparat wurde nach einem mehrere Secunden anhaltenden Krampfanfalle verfertigt. In einem solchen Versuche brachte das Abschneiden des sensiblen Stammes eine Reflexzuckung von gewöhnlicher Höhe, 7·9 mm hervor; Fig. 9a stellt diese Curve dar und zeigt, dass die Zuckung in diesem Falle nicht denselben einfachen Verlauf hatte, wie in den vorhergehenden Versuchen. Nachdem der Schreibapparat nach einigen Secunden seine frühere Lage wieder angenommen hatte, wurde das Nervenende mit Chlornatrium gereizt; hierdurch wurde eine schnell aufsteigende Zuckung hervorgerufen, die während $1\frac{1}{2}$ Minuten von Tetanus begleitet war; den ersten Anfang dieser Zuckung zeigt die Fig. 9b. Ein erneuertes Abschneiden des sensiblen Nervenstammes gab eine Reflexzuckung von 6·5 mm; den Verlauf dieser Curve zeigt die Fig. 9c. Als der motorische Stamm unmittelbar darnach abgeschnitten wurde, entstand eine einfache Zuckung von 7·1 mm. In diesem Versuche zeigen die Grössen der Ausschläge in Folge der mechanischen Reizungen sowie auch die tonischen Contractionszustände, welche dieselben begleiten, dass das Praeparat an der Grenze zum Krampfstadium steht, oder zwischen den Vergiftungsstadien, welche von den Figuren 5 und 6 representirt werden.

Aehnlicher Versuch. Das Abschneiden des sensiblen Stammes gab Reflexzuckungen mit den Ausschlägen 8·1 und 8·1 mm und von derselben einfachen Form wie in den Versuchen 1 und 2. Eine danach vorgenommene Reflexreizung mit Chlornatrium gab nach 3 Minuten auf dieselbe Weise wie in dem vorhergehenden Falle eine schnell aufsteigende Zuckung, begleitet von Tetanus, welcher 30 Secunden aushielt. Nach einigen anderen

Reizungsversuchen während 11 Minuten, wurde der sensible Stamm im oberen Theil abgeschnitten, wodurch die Reflexzuckungen 9·0 und 8·0 entstanden; gleich darauf wurde auch der motorische Stamm abgeschnitten, und dadurch wurden die Zuckungen 7·8 und 7·0 hervorgerufen.

Obgleich die äusseren Zeichen dieser beiden Versuche übereinstimmten, zeigte doch der Verlauf der Muskelcurven in Folge der mechanischen Reizungen, dass dieser letzte Versuch einem früheren Vergiftungsstadium angehörte als der erste.

Es mag noch bemerkt werden, dass ein so grosser Ausschlag und ein so schnelles Steigen als die Reflexe bei diesen Versuchen zeigten, nicht immer in ähnlichen Versuchen hervortreten.

Versuch 4. Einige Krampfanfälle von der Zeitdauer mehrerer Secunden waren der Praeparation vorangegangen; das Abschneiden des sensiblen Stammes in der Kniekehle brachte eine lang anhaltende Muskelzuckung wie in Fig. 6), aber von geringer Höhe, nur 4·5 ^{mm}, hervor; durch ein kurz darauf erneuertes Abschneiden entstand eine Zuckung von derselben geringen Höhe, aber von einer verhältnissmässig geringeren Zeitdauer, weniger als eine Secunde, eine darnach vorgenommene Reizung mit der Chlornatriumlösung gab während 15 Minuten keine Reflexzuckung.

In dem Vergiftungsstadium, wo die maximale Grösse der Reflexzuckung — bei mechanischer Reizung — merkbar vermindert ist, bringt also die Chlornatriumreizung keine Reflexzuckung mehr hervor. Um das Verhalten der Reflexzuckung in ihrem ersten Anfange, oder was wir oben an mehreren Stellen ihr Steigen genannt haben, beurtheilen zu können, fügen wir hier noch folgenden Versuch hinzu in Beziehung auf die Reizung des motorischen Nervenstammes mit Chlornatrium.

Versuch 5. Ein Nervenmuskelpraeparat, bestehend aus M. gastrocnemius in Verbindung mit dem N. ischiadicus wurde in Myographion gestellt; der Nervenstamm wurde in seinem oberen Theil abgeschnitten und mit der Chlornatriumlösung gereizt. Nach 1—2—3, bisweilen mehreren Minuten traten Zuckungen in der lange bekannten Weise hervor, nämlich zuerst einzelne kleine Zuckungen, darnach schneller nach einander folgende von grösserer Höhe, und schliesslich vollständiger Tetanus, welcher mehrere und sogar viele Minuten fortfuhr. Fig. 10 stellt den Anfang einer solchen Muskelcurve dar. Von dem Verhalten, welches diese Muskelcurve andeutet, haben wir kaum eine Abweichung gesehen; in ganz vereinzelten Fällen jedoch war diese Curve gleich beim Hervortreten der Zuckung schnell aufsteigend; die Fig. 11 bildet eine solche Ausnahme ab.

Die vorhergehenden Versuche zeigen also, dass die Chlornatriumlösung in einfachen Reflexpraeparaten von strychninisirten Thieren Reflexe zum

M. gastrocnemius hervorrufen kann; die Reflexapparate des Rückenmarkes sind aber nicht ebenso permeabel für die Erregungen von Chlornatrium und von mechanischen Reizmitteln, wie diese letzteren nämlich hier angewandt worden sind; im ersten Falle hat das Vergiftungsstadium einen geringeren Umfang als in dem letzteren. Der Anfang dieses Stadiums, wann die Reflexapparate für die Chlornatriumreizung permeabel werden, kann nicht genau durch äussere Zeichen oder durch die Form der Muskelcurve bestimmt werden; wir können nur sagen, dass Chlornatriumreizung im Anfang der Vergiftung, wo mechanische Mittel maximale Reflexzuckungen im M. gastrocnemius hervorrufen, keinen Reflex bewirkt. Die andere Grenze des betreffenden Vergiftungsstadiums lässt sich dagegen genauer bestimmen; wenn die Vergiftung soweit fortgeschritten ist, dass Reizung mit mechanischen Mitteln nicht mehr Reflexzuckungen von gewöhnlicher maximaler Grösse hervorbringt, so bewirkt eine Reizung mittels Chlornatrium keinen Reflex.

Hinsichtlich des Verlaufes der Reflexzuckung mittels Chlornatrium, in ihrem ersten Anfange, deutet die Muskelcurve in Fig. 7, wenn man sie mit der Curve (Fig. 10) vergleicht, welche das Chlornatrium bei Reizung des motorischen Stammes hervorbringt, an, dass das Steigen im ersten Falle schneller ist, oder dass die Reflexzuckung gleich bei ihrem ersten Hervortreten grösser ist; bisweilen kann diese Reflexzuckung sogleich bei ihrem ersten Hervortreten ebenso schnell steigen und dieselbe Grösse erreichen, wie bei mechanischer Reizung, wie dies die Fig. 9 b zeigt.

Hinsichtlich der Zeit zwischen dem Moment, wo die Reizung mit Chlornatrium geschieht und dem Moment, wo die Zuckung hervortritt, verhalten sich die Reflexzuckungen ebenso, wie wenn der motorische Stamm mit demselben Stoffe gereizt wird; diese Zeit wechselt in beiden Fällen zwischen $^1/_2$—1—2—3 und auch mehreren Minuten.

Schliesslich mag bemerkt werden, dass bei mechanischer Reizung in demjenigen Vergiftungsstadium, wo dieselbe überhaupt Reflexzuckung von maximaler Grösse hervorbringt, die Dauer der Reflexzuckung dieselbe ist (ungefähr $^1/_5$ Secunde), wie die der Zuckung bei ähnlicher Reizung des motorischen Stammes, sowie dies von den Figg. 4 a und 4 b angedeutet wird.

Wir gehen jetzt zu Versuchen mit solchen Praeparaten über, in welchen das ganze Rückenmark erhalten ist.

Versuch 6. Das Praeparat wurde verfertigt, als die ersten Vergiftungserscheinungen in der Form ganz kleiner Zuckungen in den Zehen der hinteren Extremitäten sich bei Reizung zeigten. In einem solchen Versuche gab das Abschneiden des sensiblen Nervenstammes in der Kniekehle Reflexzuckung von demselben Verlauf, wie sie Fig. 4 a abbildet, und

mit einem Ausschlag von 8·0 mm; bei erneuertem Abschneiden war der Ausschlag 7·4. Bei jetzt vorgenommener Reizung des abgeschnittenen Nervenstammss mit der Chlornatriumlösung wurde kein Reflex im Verlauf von 15 Minuten erzielt. Darauf wurde der sensible Stamm an zwei Stellen abgeschnitten, wodurch die Reflexzuckungen 8·5 und 8·3 mm und, 10 Minuten später, auf dieselbe Weise die Reflexzuckungen 6 mm und 7·1 entstanden; Schnitte am motorischen Nervenstamme gleich darauf bewirkten die Zuckungen 5·3 und 5·0. — Ein anderer ähnlicher Versuch; der sensible Stamm wurde in der Kniekehle abgeschnitten, wodurch die Reflexzuckung 8·8 mm; darauf vorgenommene Reizung mit der Chlornatriumlösung gab während 13 Minuten keine Reflexzuckung. Als dann der Nervenstamm näher am Rückenmarke abgeschnitten wurde, betrugen die Reflexzuckungen 8·4 und 9·0 mm. Zuletzt wurde das abgeschnittene Ende des motorischen Nervenstammes mit Chlornatrium gereizt; ein paar Minuten später traten auch Zuckungen mit demjenigen Verlaufe hervor den wir im Versuch 5 als den allgemein vorkommenden Fall bezeichneten.

Versuch 7. Auch dieses Praeparat wurde, so weit man nach äusseren Zeichen schliessen konnte, im frühesten Vergiftungsstadium verfertigt; beim Abschneiden des sensiblen Stammes in der Kniekehle wurden einfache Reflexzuckungen mit den Ausschlägen 7·2 und 6·5 erzielt; bei darauf vorgenommener Reizung des Nervenendes mit der Chlornatriumlösung, trat nach drei Minuten eine Reflexzuckung ein, die ein schnelles Steigen hatte und eine Höhe von 7·2 mm erreichte; die entsprechende Muskelcurve zeigt Fig. 12, in welcher links zugleich die durch den ersten Schnitt hervorgebrachte Curve abgebildet ist. Diese erste Zuckung in Folge der Chlornatriumreizung war von Tetanus begleitet, welcher $^1/_2$ Minute fortfuhr, aber nicht ganz unmittelbar hervortrat. Als das Praeparat sich wieder in Ruhe befand, wurde durch Abschneiden des Nervenstammes die Reflexzuckung 6·7 mm bewirkt. Nach 12 Minuten, in welcher Zeit einige andere Versuche am Praeparat ausgeführt wurden, wurde der sensible Stamm unterhalb des Plexus und durch denselben abgeschnitten, wodurch die Reflexzuckungen 7·0 und 6·7 erfolgten; unmittelbar danach wurde auch der motorische Stamm an entsprechenden Stellen abgeschnitten, wodurch die Zuckungen 5·9 und 5·8 mm erfolgten.

Aus solchen Versuchen an Praeparaten vom frühesten Vergiftungsstadium, wo mechanischer Reiz vom sensiblen Stamme dieselbe maximale Zuckung wie vom motorischen bewirkt, betrachten wir es als bewiesen, dass Chlornatrium in diesem Stadium keinen Reflex erzeugt; mehrere wiederholte Versuche haben nämlich ein solches Verhalten wie der Versuch 7 andeutet, nicht in mehr als zwei Praeparaten hervortreten lassen; diese Praeparate

müssen wir daher als einem späteren Vergiftungsstadium angehörend betrachten, obgleich die äusseren Zeichen an dem intacten Thiere dieses nicht andeuteten.

Die übrigen hierhergehörenden Versuche können wir ganz kurz zusammenfassen. In Praeparaten vom Krampfstadium, welche keine Reflexzuckung von gewöhnlicher maximaler Grösse geben, ruft Chlornatrium keinen Reflex hervor. In Praeparaten von einem früheren Vergiftungsstadium dagegen verursacht Chlornatriumlösung Reflexe; diese Zuckung tritt eine oder ein paar Minuten nach der Reizung hervor, und die entsprechende Muskelcurve hat in den meisten Fällen gleich von Anfang an ein schnelles Steigen, wie bei mechanischer Reizung; diese Zuckung ist ferner von Tetanus begleitet, welcher mehrere Minuten dauert. Fig. 13 zeigt den ersten Anfang einer solchen Muskelcurve. — Wird ferner dasselbe Praeparat vom zuletzt genannten Vergiftungsstadium wiederholt mit der Chlornatriumlösung gereizt, — auf die Weise nämlich, dass der Nervenstamm abgeschnitten und die Reizung erneuert wird, sobald die Reflexzuckung hervorgetreten ist, — so nimmt die Muskelcurve nach einigen Reizungen dasselbe Aussehen an, wie wenn die Reizung an dem motorischen Stamme ausgeführt wird. — Wird schliesslich einer von den Spinalnerven, von welchen der N. ischiadicus seinen Anfang nimmt, abgeschnitten und mit Chlornatrium gereizt, so hat der Reflex bei seinem ersten Hervortreten ungefähr denselben Verlauf, wie wenn der sensible Stamm gereizt wird.

Reflexpraeparate, in welchen das ganze Rückenmark erhalten ist, zeigen also wesentlich dasselbe Verhalten bei Reflexreizung mit Chlornatrium wie die einfachen Reflexpraeparate; in jeglichem Falle werden die Reflexapparate unter Einwirkung des Strychnins permeabel für Chlornatriumerregung; in beiden Fällen umfasst ferner diese Permeabilität dieselben verschiedenen Vergiftungsstadien, so dass die Grenzen auf dieselbe Art bestimmt werden müssen. In einer Hinsicht finden wir jedoch, dass die Reflexzuckungen, welche die beiden Praeparate vermitteln, verschieden sind, nämlich hinsichtlich des Steigens der Muskelcurve in ihrem ersten Anfange oder hinsichtlich der Grösse der Reflexzuckung bei ihrem ersten Hervortreten; in Reflexpraeparaten mit ganzem Rückenmark ist diese Zuckung grösser, als in einfachen Reflexpraeparaten; und es kann hinzugefügt werden, dass in beiden diese Zuckungen grösser sind, als bei Reizung des motorischen Nervenstammes. Dies scheint uns das am öftesten hervortretende Verhalten zu sein, wenn auch Ausnahmen von dieser Regel beobachtet werden, wie wir auch in der Beschreibung der Versuche hervorgehoben haben.

B. Reizung mit Glycerinum purum.

Die Versuche mittels Glycerinreizung Muskelreflexe vom sensiblen Stamme hervorzurufen, sind im Wesentlichen auf dieselbe Weise ausgefallen, wie die Versuche mit Chlornatrium. Bei der Ausführung haben wir in ähnlicher Weise, wie in dem vorigen Falle verfahren, d. h. wir haben die Reflexzuckungen mittels Glycerin, mit denjenigen mittels mechanischer Mittel verglichen; oder auch ist dasselbe Praeparat erst mit Chlornatrium und darauf mit Glycerin (wie im Versuche 2) oder umgekehrt, gereizt worden. Weil aber die Versuche mit Glycerin und Chlornatrium keine Differenzen hinsichtlich der Permeabilität der Reflexapparate haben hervortreten lassen, so müssen wir annehmen, dass die Grenzen derjenigen Vergiftungsstadien, innerhalb welcher Reflexe durch diese Reizmittel hervorgerufen werden können, dieselben sind. Unter diesen Verhältnissen glauben wir nicht die einzelnen Fälle durch Versuche beleuchten zu sollen. In einer Hinsicht glauben wir doch, dass diese Versuche eine Differenz in dem Verhalten dieser Reflexe gezeigt haben; in einfachen Reflexpraeparaten steigt die Zuckung bei Glycerinreizung schneller als bei Reizung mit Chlornatrium, sogar in demselben Praeparate. Fig. 8 zeigt eine solche Muskelcurve bei Glycerinreizung. Noch mag hinzugefügt werden, dass wenn der motorische Stamm mit Glycerin gereizt wird, die Muskelcurve meistens dasselbe Aussehen hat wie bei ähnlicher Reizung mit Chlornatrium (Fig. 10).

C. Reizung mit Rohrzucker in concentrirter Lösung und mit einigen anderen chemischen Stoffen.

Wenn der sensible Nervenstamm in den benutzten Praeparaten mit Rohrzucker gereizt wurde, erfolgte in keinem Falle Reflex zum M. gastrocnemius; die Untersuchung betraf selbstverständlich sowohl strychninisirte als nicht strychninisirte Praeparate. Die hierher gehörenden Versuche wurden vorigen Herbst (1885) ausgeführt; zu dieser Zeit zeigten Nervmuskelpraeparate in mehreren Fällen ein ganz indifferentes Verhalten bei Reizung des motorischen Stammes mit Zuckerlösung. Wegen dieser Ursache ist bei den hierher gehörenden Versuchen eine besondere Untersuchung geschehen, um zu ermitteln, ob in dem benutzten Praeparate Zuckungen von dem motorischen Stamm hervorgerufen werden könnten; wie schon angedeutet wurde, erfolgte mit dem betreffenden Mittel kein Reflex, auch nicht, wenn damit Zuckungen von dem motorischen Stamm erzielt wurden. — Es kann hinzugefügt werden, dass auch abwechselnde Reizversuche mit Rohrzucker und Chlornatrium oder Glycerin an demselben Praeparate ausgeführt wurden; aber obgleich die beiden letzteren Reize Reflex hervorriefen,

erfolgten solche nicht mit dem Rohrzucker. — Was die Muskelcurve bei Reizung des motorischen Stammes mit Rohrzucker betrifft, so zeigt sie dasselbe Verhalten wie bei Reizung mit Chlornatrium. — Diese Versuche mit Rohrzucker als Reizmittel zeigen abermals, dass die Zuckungen in den Muskeln der Extremitäten, von denen in der vorigen Abhandlung die Rede war, bei diesen Reizversuchen mit chemischen Mitteln ausgeblieben sind.

Schliesslich mag hier noch erwähnt werden, dass auch Kalihydrat, bez. kohlensaures Kali in 35 procentiger Lösung, Harnstoff in 30 procentiger, Chlorwasserstoffsäure in 20 procentiger und Schwefelsäure in 60 procentiger Lösung als Reize zur Hervorbringung von Reflexen von dem sensiblen Nervenstamme angewandt wurden, aber alle mit negativem Resultate. Zu dieser Jahreszeit verursachten diese chemischen Reize auch keine Zuckung von dem motorischen Stamme.

Die hier aufgenommenen Versuche wurden im Herbst (September bis December 1885) ausgeführt.

Zu diesen empirischen Verhältnissen fügen wir noch einige Bemerkungen vom theoretischen Standpunkte aus und mit besonderer Rücksicht auf die Auffassung, von der in Abhandlung 5 die Rede war.

Die Wirkung, welche Chlornatrium und Glycerin von dem sensiblen und motorischen Stamme in den benutzten Reflexpraeparaten hervorrufen, kann in gewissem Grade mit derjenigen parallelisirt werden, welche durch Wärme in nicht strychninisirten Praeparaten, mit dem ganzen Rückenmark hervorgerufen wird; alle diese Reize stimmen darin überein, dass sie von dem sensiblen Stamme oder durch Reflex grössere Zuckungen hervorbringen als von dem motorischen, wenn nämlich die Wirkung berücksichtigt wird, welche im ersten Momente des Hervortretens der Zuckung erscheint. Die Erklärung hierzu ist selbstverständlich in ähnlichen Verhältnissen zu suchen, und davon war schon in Abhandlung 5 die Rede.

Wenn ferner die in Rede stehenden chemischen Reizmittel in Beziehung auf ihre Wirkungen mit einander verglichen werden, so zeigen sich nicht kleine Differenzen. Für Nervenmuskelpraeparate hat Eckhard schon lange dieses hervorgehoben, und eben mit Hinsicht hierauf die chemischen Reizmittel in zwei Gruppen getheilt; die eine Gruppe verursacht Zuckungen, welche auf dieselbe Weise hervortreten, wie wenn der Nerv durch Wasserentziehung gereizt wird, oder — wie wir hier sagen können, — wie bei Reizung mit Chlornatrium, dessen Verhalten oben (Versuch 5) schon näher definirt wurde; zu der zweiten Gruppe wieder gehören diejenigen chemischen Reizmittel, welche in dem Augenblicke der Reizung oder gleich darauf nur wenige, aber heftige Zuckungen hervorrufen. Zu

der ersten Gruppe gehören ausser Chlornatrium auch Glycerin und Rohrzucker, zu der anderen Säuren und Alkalien. — Diese Differenzen deuten wieder an, dass die Erregungen von verschiedener qualitativer Beschaffenheit sind, je nachdem sie durch verschiedene Reize hervorgerufen werden.

Diese Verhältnisse, auf welche Eckhard aufmerksam gemacht hat, treten hervor, wenn die Praeparate recht irritabel sind, d. h. in der wärmeren Jahreszeit; in der kälteren Jahreszeit dagegen verhalten sich die Nervenmuskelpraeparate ganz anders, wenigstens im nördlichen Klima. Wie oben erwähnt wurde rufen nämlich Säuren und Alkalien im Spätherbst keine Zuckung im Muskel vom motorischen Stamm hervor; und in vielen Fällen zeigt zu dieser Zeit auch der Rohrzucker dasselbe negative Verhalten. — Auch diese Verhältnisse mit den vorhergehenden zusammengestellt, scheinen qualitative Verschiedenheiten der Erregungen anzudeuten; wenn nämlich die Erregungen zufolge aller Reizmittel von derselben qualitativen Beschaffenheit wären, dann würde man a priori erwarten, dass die Muskeln in Nervenmuskelpraeparaten am ersten ihre Reactionsfähigkeit für die schwächeren Reizmittel verlieren würden und nicht für die Reize, Säuren und Alkalien, welche zu passender Jahreszeit heftige und kräftige Zuckungen hervorbringen (Eckhard[1]) oder stark erregend sind.[2] Diese Umstände scheinen anzudeuten, dass von den verschiedenen chemischen Erregungen diejenigen, welche von Säuren und Alkalien hervorgerufen werden, sich ganz in der Nähe der einen Grenze für diejenigen Erregungen in den Nervenfasern, welche überhaupt die quergestreiften Muskelelemente erregen, sich befinden. Da ferner auch Rohrzucker zuweilen aufhört Muskelzuckung vom motorischen Stamme hervorzurufen, so wird dadurch angedeutet, dass die Erregung zufolge dieses Reizmittels sich näher dieser Grenze befindet als die Erregungen in Folge von Chlornatrium und Glycerin. Kurz, wenn wir eine Scala oder Leiter für die in Rede stehenden Erregungen in Beziehung auf die grössere oder geringere Aehnlichkeit, die sie zeigen, aufstellen, so deuten die erwähnten Verhältnisse an, dass sie folgende Reihenfolge einnehmen:

Erregung zufolge des Chlornatriums und Glycerins
Erregung zufolge des Rohrzuckers
Erregung zufolge der Säuren und Alkalien.

In dieser Scala befinden sich die Erregungen zufolge der Säuren und Alkalien am nächsten der Grenze und können zu gewisser Jahreszeit dieselbe auch erreichen.

Wenn noch diejenigen Verhältnisse, welche die oben angewandten Reflexpraeparate zeigen, in's Auge gefasst werden, so geben die Reizungsversuche mit Säuren und Alkalien keine Erläuterung, weil diese Reizmittel von dem

---

[1] C. Eckhard, *Experimentalphysiologie des Nervensystems.* Giessen 1867. S. 119.
[2] Vergl. L. Hermann, *Handbuch der Physiologie.* Bd. II. Thl. I. S. 101—102

motorischen Stamme keine Wirkung hervorbrachten; die Versuche mit Rohrzucker, Glycerin und Chlornatrium zeigen dagegen, dass der erst erwähnte Stoff sich anders verhält als die beiden letzteren; oben wurde nämlich gefunden, dass Rohrzucker keinen Reflex von dem Nervenstamme hervorbringen konnte, nicht einmal in derartigen Praeparaten, bei denen dasselbe Reizmittel von dem motorischen Stamme Muskelzuckung hervorbrachte.

Mit wenigen Worten, auch diejenigen Verhältnisse, welche die in Rede stehenden chemischen Reizmittel zeigen, scheinen uns anzudeuten, dass die Erregungen verschieden sind, je nachdem sie von verschiedenen Reizen hervorgerufen werden; diese Verhältnisse scheinen zugleich wenigstens etwas über die Reihenfolge anzudeuten, welche die Erregungen zufolge der verschiedenen chemischen Reize in Beziehung auf einander haben.

Erklärung der Figuren.

Von den Figuren auf der Tafel XIV beziehen sich die 1, 2 und 3 auf die Abhandlung 5, wo die nähere Beschreibung derselben in den Versuchen 2, 3 und 4 gegeben ist; die übrigen Figuren, 4—13, beziehen sich auf die Abhandlung 6, wo die Erklärung für die Figuren 4, 5 und 6 in der Einleitung dieser Abhandlung angegeben ist, für die Figuren 7 und 8 im Versuch 2, für die Figuren 9 a, 9 b und 9 c im Versuch 3, für die Figuren 10 und 11 im Versuch 5, und für die Figur 12 im Versuch 7; schliesslich für die Figur 13 ist die Erklärung am Ende der Abtheilung 6 A gegeben.

Die Regelung der Salzmengen des Blutes.

Von

Dr. St. Klikowicz.

(Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig.)

Wenn Pepton und Traubenzucker dem Blute des lebenden Hundes in grösseren Mengen einverleibt werden, als sie sich dort in der Regel vorfinden, so sind sie aus dem Binnenraum der Gefässe verschwunden, bevor noch die Nieren ihre Entfernung zu bewirken vermochten. In diesen Thatsachen liegt die Hindeutung auf einen eigenthümlichen Vorgang, welcher dem Blutplasma eine Stetigkeit seiner quantitativen Zusammensetzung sichert. Zu untersuchen, inwieweit und wodurch sich das Blut in so kurzer Zeit von fremden Beimengungen reinigt, wurde mir von Hrn. Prof. C. Ludwig zur Aufgabe gestellt.

Durchaus vortheilhaft wäre es gewesen zu den Versuchen einen Stoff zu verwenden, welcher dem Organismus fremd, und der in den Orten, wohin er sich aus dem Blute begeben leicht nachzuweisen war. Als solcher schien sich das nichtgiftige tellursaure Natron zu empfehlen. Grammenweise dem Blute eines Hundes zugefügt, erzeugt es anfänglich keine Störung des Behagens, aber schon nach einer Reihe von Minuten werden die Thiere hinfällig und nach höchstens 15 Minuten sterben sie ab. Die Zergliederung der Leiche macht uns mit einer Veränderung der Darmschleimhaut, der Leber, der Niere und anderer Organe bekannt; ihre Gewebe sind geschwärzt, in Folge eines Niederschlages von Tellur, welches aus dem Salze wahrscheinlich durch sauerstoffbindende organische Molecule abgeschieden wurde. Allerdings sind hierdurch die Orte sichtbar gemacht, wohin sich der fremde Stoff aus dem Blute begeben hat, aber da er dort auch

durch besondere Verwandtschaften befestigt wird, so eignet sich, wie beachtenswerth sein Verhalten auch sonst sein mag, das tellursaure Natron für meine Zwecke nicht. Ich griff zu $Na_2 SO_4$ dann auch zu $Na_2 HPo_4$ und Na Cl. Mit dem ersten der genannten Salze wurden die meisten Beobachtungen durchgeführt.

Um zum Ziele zu gelangen wurde folgendermaassen verfahren. Ein seit 24 Stunden nüchterner männlicher Hund wurde gewogen und unter Zugrundelegung des 0·06. Theils vom Körpergewicht die von ihm voraussichtlich beherbergte Blutmenge berechnet. — Nach dem wurden in eine der Jugularvenen und eine der Carotiden Glascanülen eingelegt. An die Canüle des letzteren Gefässes wurde eine dreigabelige Röhre angestossen, deren Zinken durch drei leicht verengbare Kautschukröhren in drei Hohlgläser ausmündeten. Das erste derselben war ein Cylinder, der auf das Gestell der Centrifuge passte, das zweite ein verschliessbares viel Glasperlen enthaltendes Rohr, das dritte ein dünnwandiges kleines Stöpselglas mit einer gewogenen Menge 4 procentiger Lösung von schwefelsaurer Magnesia etwa halb gefüllt. In den Cylinder wurde so viel Blut übergeführt, dass die aus ihm gewinnbare Serummenge zu zwei Eiweissbestimmungen ausreichte; erst nach vollendeter Gerinnung wurde der Cylinder auf die Centrifuge gebracht. Das Blut, welches in das zweite Gefäss gekommen war, wurde bis zur vollständigen Ausscheidung des Faserstoffs anhaltend geschüttelt. Das defibrinirte unter bekannten Vorsichten colirte Blut wurde zur Auswerthung seines gesammten Eiweissgehaltes verbraucht. Nach der Zuführung des Blutes wurde das dritte der Gefässe wiederum gewogen, woraus die Menge des aufgenommenen Blutes bekannt wurde. Aus ihm wurde das Eiweiss gesucht, welches die Blutkörperchen enthielten. Die Füllung der drei Gefässe musste selbstverständlich gleichzeitig geschehen, damit die Ergebnisse der Analysen sich auf ein gleichartiges Blut bezogen; und da in jedes der Gefässe ganz ungleiche Blutmengen übergeführt wurden, in den ersten Cylinder 100 ^{ccm}, in das Perlenglas 50 ^{ccm}, in die Magnesialösung 10 ^{ccm}, so musste von einem Gehülfen die Geschwindigkeit des Zuflusses entsprechend den aufzufangenden Mengen geregelt werden. Auf diesen Theil des Versuchs muss sich besonders die Sorgfalt richten. Alsbald nach vollendetem Aderlass wurde die Harnblase katheterisirt, dann die Vorhaut mit einer Schlinge umbunden und nun sogleich soviel der Lösung, welche 10 Procent des gewählten Salzes enthielt, aus einem getheilten Maassrohr in die Vene eingelassen, dass dadurch der Gehalt des Blutes an Salz voraussichtlich um etwa 1 Procent erhöht wurde. Die Zuführung des Salzes geschah allmählich im Verlaufe von 5 Minuten. Genau 2 Minuten nach beendeter Einführung des Salzes wurde auf gleiche Weise wie vorher ein Aderlass aus der Art. carotis vorgenommen.

Bei der beschriebenen Aufeinanderfolge der Anzapfungen standen zwei Blutarten zur Verfügung, aus welchen auf die rasch eingetretenen Veränderungen des Gefässinhaltes zu schliessen war. Um auch die später eingetretene Blutmischung zu erkennen, musste noch ein weiterer Aderlass folgen. Bei grösseren Thieren konnte ein solcher eine Stunde nach dem zweiten veranstaltet werden, eine Beschränkung auf nur zwei Blutentnahmen war geboten, wenn nur mässig starke Hunde zur Verfügung standen; auf die Zeit wurde der mehrfache Blutlass dann der Art vertheilt, dass der erste unmittelbar vor, der zweite rasch, der dritte eine Stunde nach der Einführung des Salzes stattfand, oder so dass der erste zwei Minuten nach der Besalzung des Blutes, der spätere eine Stunde nachher ausgeführt wurde.

So oft als sich die Zwischenzeit zwischen den zwei Blutentziehungen nur nach Minuten bemaass, blieb das Thier auf dem Operationstisch; es wurde dagegen in Freiheit gesetzt, wenn der zweite Aderlass dem ersten nach dem Verlauf einer Stunde folgte.

Nachdem die nöthigen Blutmengen genommen waren, wurde das Thier verblutet, und zur Besichtigung der Harnblase geschritten. Stets wurde sie leer gefunden, wenn der Tod nur wenige Minuten nach der Zuführung des Salzes bez. der vorgängigen Entleerung der Blase erfolgt war. — Reichlich gefüllt war dagegen die Blase und der Raum zwischen dem Unterband der Vorhaut und Eichel, wenn das Thier noch eine Stunde nach der Besalzung des Blutes gelebt hatte. Der gesammte an beiden Orten vorhandene Harn wurde mit Vorsicht gesammelt.

Ergebniss der Versuche nach der Einführung von schwefelsaurem Natron.

A. Eiweiss und Salzgehalt des Blutes vor und zwei Minuten nach der Besalzung.

Zur Erkenntniss der veränderten Blutmischung stehen Beobachtungen an 5 Thieren zur Verfügung. Für je ein Kilo des Thieres wurden 0·6 grm $Na_2 SO_4$ eingeführt. Der erste Blutantheil wurde unmittelbar vor, der andere zwei Minuten nach vollendetem Zubringen des Salzes entnommen.

Gefunden wurde in 100 Theilen Blut an Eiweiss (I bedeutet vor, II nach der Zuführung des Salzes):

Nummer des Hundes	Gewicht	Eiweissgehalt in I	Eiweissgehalt in II
1.	5·5 Kilo	20·91	15·03
2.	6·6 „	19·75	14·31
3.	21·5 „	19·30	14·36
4.	25·0 „	20·78	17·98
5.	20·0 „	21·09	17·45

Im Vergleich zu dem vorher anwesenden zeigt sich 2 Minuten nach der Besalzung der Eiweissgehalt des Blutes sehr merklich vermindert; die Abnahme bewegt sich zwischen 13 und 28 Procent der ursprünglichen Eiweissmenge.

Da die Annahme gestattet ist, dass in der kurzen Zeit, welche seit der Zuführung des Salzes verstrich, dem Blute kein Eiweiss abhanden kam, so kann die Herabminderung des Eiweissgehaltes nur durch den Eintritt von Wasser in das Blut bedingt, und da nachweislich keine Harnabsonderung stattgefunden hatte, so muss das gesammte in den Gefässraum eingetretene Wasser auch dort verblieben sein.

Diese Voraussetzungen genügen um anzugeben wie viel des Wassers in 100 Theile des Blutes II eingetreten sei. Bedeutet A den procentischen Eiweissgehalt vor, A' denselben nach der Zuführung des Salzes, so wird $\frac{100\,A'}{A} = x$ dasjenige Volum des Blutes I angeben, welches genügte, um die Eiweissmenge in 100 Theilen des Blutes II zu decken; also beträgt die zu 100 Theilen des Blutes II gekommene Wassermenge $100 - x$.

Auf die obigen Zahlen angewendet giebt die Rechnung

1. 71·88 Volum des Blutes I nahmen auf 28·12 Volum Wasser
2. 72·22 „ „ „ „ „ 27·78 „ „
3. 74·62 „ „ „ „ „ 25·38 „ „
4. 86·54 „ „ „ „ „ 13·46 „ „
5. 82·74 „ „ „ „ „ 17·26 „ „

Hieran knüpft sich sogleich die Frage ob und wieviel des eingebrachten Salzes aus dem Blute getreten sei. Nur bedingungsweise kann die Antwort erfolgen, denn sie hängt von der Annahme über die Blutmenge ab, die den Hunden eignet. Je nachdem die letztere sich für 1 Kilo Lebendgewicht auf 60 oder 80 ^{ccm} stellt, mussten, wäre kein schwefelsaures Natron ausgetreten, 100 Theile des Blutes 1.0 oder 0·75 ^{grm} des Salzes beherbergen.

In vier der vorgenannten Versuche war der Gehalt von 100 Theilen Blut an Na_2SO_4, 2 Minuten nach vollendeter Einführung des Salzes bestimmt worden:

in Versuch 1 zu 0·30 ^{grm}, in Versuch 2 zu 0·32 ^{grm}, in Versuch 3 zu 0·46 ^{grm} und in Versuch 4 zu 0·24 ^{grm}.

Durch die Verbindung dieser mit anderen schon vorher berechneten Zahlen lässt sich finden, wieviel Salz jetzt in 100 Theilen des dichteren Blutes vorhanden gewesen. Es waren, wie wir schon gesehen, zu 100 Theilen des weniger dichten Blutes eingetreten:

in Versuch 1 = 71·88, in Versuch 2 = 72·22, in Versuch 3 = 74·62, in Versuch 4 = 86·54 des dichteren Blutes.

Sonach kommen auf 100 Theile des dichteren Blutes an $Na_2 SO_4$:

in Versuch 1 = 0·42 grm, in Versuch 2 = 0·44 grm, in Versuch 3 = 0·62 grm und in Versuch 4 = 0·28 grm.

Vorausgesetzt es seien, der unterstellten Blutmenge des Thieres gemäss, zu 100 Theilen Blut 1·0 grm oder aber nur 0·75 grm des Salzes gefügt worden, so wäre von demselben verschwunden:

in Versuch 1 = 0·58 bis 0·33 grm, in Versuch 2 = 0·56 bis 0·31 grm, in Versuch 3 = 0·38 bis 0·13 grm, in Versuch 4 = 0·72 bis 0·42 grm.

Jedenfalls, mag dem Thiere die grössere oder die kleinere Blutmenge angehört haben, in der von der beginnenden bis zu der 2 Minuten nach vollendeter Zuführung des Salzes verstrichenen Zeit, ist ein sehr beträchtlicher Antheil des letzteren aus dem Gefässraum entwichen.

Ueber das Verhältniss, in welchem die ausgetretenen Salz- zu den Wassermengen stehen, die zu 100 Theilen des dichteren Blutes hinzukamen, giebt die folgende Gleichung Aufschluss. Ist wie früher A der Eiweissgehalt des dichteren, A' der des verdünnten Blutes, so ist die Wassermenge W, welche zu 100 Theilen des dichteren Blutes gelangte: $W = \frac{A - A'}{A'} 100$, da die Gleichung $A'(100 + W) = A\,100$ besteht. Die Ausrechnung ergiebt zu 100 Theilen des dichteren Blutes

in Versuch 1 sind 39·12, in Versuch 2 sind 38·0, in Versuch 3 sind 34·4 und in Versuch 4 sind 15·57

Wasser hinzugetreten. Also hatten sich in einer der Gewichtseinheit des Salzes entgegengesetzten Richtung bewegt:

in Versuch 1 zwischen 67 bez. 118, in Versuch 2 zwischen 68 bez. 122, in Versuch 3 zwischen 91 bez. 264 und in Versuch 4 zwischen 22 bez. 23 Volumen Wasser.

Welche der beiden Verhältnisszahlen den Vorzug verdient, bleibt zweifelhaft, aber als festgestellt ist es anzusehen, dass gegen einen geringen Verlust an Salz eine beträchtliche Menge an Wasser eingetauscht wurde.

B. Der Eiweiss- und Salzgehalt des Blutes eine Stunde nach der Zuführung des schwefelsauren Natrons.

Zur Beurtheilung der Veränderung des Blutes in dem Zeitraum von der zweiten Minute nach beendeter Besalzung bis einer Stunde später, stehen vier Beobachtungen zu Gebote. In zweien derselben ist bekannt der Eiweissgehalt vor, 2 Minuten nach und 1 Stunde nach dem Zubringen des Salzes, in den beiden übrigen nur der, welcher 2 Minuten nach und 1 Stunde

nach der Einführung des Salzes vorhanden war. Wie früher weisen die Zahlen I, II, III auf die Reihenfolge der Aderlässe hin.

Nummer des Versuchs	Körper-gewicht	Eiweissgehalt in I	Eiweissgehalt in II	Eiweissgehalt in III
3.	21·0 Kilo	19·30	14·36	18·27
4.	25·0 „	20·78	17·98	20·14
6.	9·2 „	—	13·55	17·19
7.	11·5 „	—	13·87	17·01

Aus der Verdünnung, in welche das Blut mit und kurz nach dem Zutritt des Salzes herabgesunken war, hat es sich im Verlauf 1 Stunde wieder bedeutend emporgehoben. Jede der vier Bestimmungen sagt das gleiche, die Nummern 3 und 4 mit dem Zusatze, dass das Blut des dritten Aderlasses nahezu wieder den Eiweissgehalt des ersten aufweist. Die Störung, welche der Zusatz verhältnissmässig grosser Salzmengen zum Blute erzielte, ist in überraschend kurzer Zeit wieder gehoben. Deutlich ergiebt sich dieses, wenn wir die früher benutzte Betrachtung auch auf die vorliegenden Beobachtungen anwenden. Danach zeigt sich, dass 100 Theile Blutes im Verlaufe von 1 Stunde verloren:

in Versuch 3 = 21·40 Volum, in Versuch 4 = 10·73 Volum, in Versuch 6 = 20·92 Volum und in Versuch 7 = 18·22 Volum Wasser.

Aus den Bestimmungen seines Gehaltes an schwefelsaurem Salze ergab sich, dass das Blut gleichzeitig mit dem Wasser auch einen beträchtlichen Antheil des Salzes eingebüsst hatte, denn es waren gefunden:

Versuchs-nummer	Gehalt an Na_2SO_4 in II	Gehalt an Na_2SO_4 in III
3	0·46 Procent	0·19 Procent
4	0·24 „	0·11 „
6	0·25 „	0·10 „
7	0·20 „	0·09 „

Während kurz nach der Zuführung des Salzes das letztere sich in einer dem Wasser entgegengesetzten Richtung bewegt hatte, sind jetzt die beiden Stoffe nach der gleichen Seite hin ausgewichen; beide haben sich aus dem Blute entfernt.

Damit, dass die beiden Stoffe sich gleichzeitig aus dem Gefässraume entfernt haben, ist jedoch noch nicht gesagt, dass ihre Bewegung auf denselben Bahnen stattgefunden. Denn nun tritt die Arbeit der Niere für die Regelung der Zusammensetzung des Blutes in Wirksamkeit. Im Verlaufe der Stunde hatten sich namhafte Mengen eines an schwefelsaurem Natron reichen Harnes gebildet. In den Blasen fanden sich:

Nummer des Versuchs	Harnmenge	Na_2SO_4 im Harn	Vom zugeführten Salze waren dem Thiere verblieben
3	320 ccm	6·88 grm	6·02 grm
4	320 „	7·01 „	7·94 „
6	155 „	3·07 „	2·45 „
7	171 „	4·70 „	2·20 „

Gegen die Mengen von schwefelsaurem Natron gehalten, welche das Blut zwei Minuten nach vollendeter Besalzung birgt, sind die im Harn gefundenen gross genug. Nähme man an, den Thieren wären 8 Procent Blut eigen gewesen, so berechnen sich nachstehende Zahlen, für die Mengen des Na_2SO_4 zwei Minuten nach vollendeter Einführung des Salzes.

Versuchsnummer	und Körpergewicht	Blutmenge in Ccm.	2 Minuten nach dem Besalz. in 100 Bl·Na_2SO_4	Summe der Na_2SO_4 im Blute
3.	21·0 Kilo	1680	0·46	7·72
4.	25·0 „	2000	0·24	4·80
6.	9·0 „	720	0·25	1·80
7.	11·5 „	920	0·20	1·84

Da unser Ueberschlag den Thieren einen grossen Blutgehalt zutheilt, so dürften die nach ihm berechneten Salzmengen des Blutes wohl nicht unter den in Wahrheit vorhandenen Werthen liegen. — Und wenn wir sie in dieser Ueberzeugung mit den durch den Harn entleerten vergleichen, so finden wir, dass in Versuch 4, 6 und 7 die Niere mehr und in Versuch 3 nahezu ebensoviel an Na_2SO_4 ausschied, als zur zweiten Minute nach der Einleitung der Lösung in die Vene vom Blute besessen war.

Als aber das Blut zu einer Zeit untersucht war, nachdem sich der Harn aus ihm gebildet hatte, traf man in ihm noch immer merkliche Mengen von Na_2SO_4 etwa halb soviel als vor Beginn der Harnabsonderung. Darum reichte die zwei Minuten nach der Einführung des Salzes im Blute vorhandene Menge desselben ganz sicher nicht aus, um das mit dem Harn abgeführte Gewicht zu bestreiten.

Jetzt werden wir zu der Anschauung geführt, dass von dem ursprünglich in die Gewebesäfte übergegangenen Na_2SO_4 ein Antheil wieder zum Blute und von da zu dem Harne hingeführt sei, und dann werden wir weiter folgern müssen, dass von einem gewissen Zeitpunkt an der Austausch zwischen Blut und Gewebe der Art geschieht, dass nun Wasser vom Blute nach aussen und Na_2So_4 von dort her nach innen zum Gefässraum wandert. Immer also bewegen sich im Bereiche der Gefässwand ausserhalb der Niere die beiden Stoffe gegeneinander, aber jeder von ihnen wechselt im Verlauf der Zeit seine Stromrichtung.

C. Serum und Körperchen des Blutes vor und kurz nach dem Einbringen des schwefelsauren Natrons.

Neben dem procentischen Gehalt des Blutes an Gesammteiweiss wurde in der Regel auch der Procentsatz des Blutes an Körpercheneiweiss und der Eiweissgehalt des Serums bestimmt. Aus den Zahlen lässt sich nach Hoppe-Seyler berechnen, welche Raumtheile das Serum und die Körperchen in der Volumeinheit des Blutes einnehmen. Wenn diese Werthe bekannt sind, so giebt eine fortgeführte Rechnung auch Aufschluss darüber, wie sich die dem Blute zugekommenen Wasser- und Salzmengen zwischen Serum und Körperchen vertheilt haben.

Wegen der eigenthümlichen Veränderungen, die das besalzte Blut in kurzer Zeit durchläuft, versprechen die drei verschiedenen Eiweissbestimmungen Nachrichten über die Abhängigkeit, in welcher die Zusammensetzung der Körperchen zu der des Plasma's steht, ausserdem lässt sich aus ihnen ein Prüfstein für die Voraussetzung ableiten, dass an der Verdünnung des Blutes nur der Zutritt von Wasser, nicht aber der Weggang von Eiweiss schuld sei.

Zu weiteren Folgerungen aus den drei Eiweissbestimmungen, jeder der beiden Blutarten führen die nachstehenden einfachen Rechnungen.

Zunächst werden nach der bekannten Gleichung die Antheile des Serums und der Körperchen in der Volumeinheit des Blutes bestimmt. Bedeute beispielsweise A den gesammten Eiweissgehalt des Blutes, K den Procentgehalt des Blutes an Körpercheneiweiss, S den procentischen Gehalt des Serums an Eiweiss in einer beliebigen Blutart, so ist in 100 Theilen Blut das Serumvolum $S^V = \frac{(A-K)\,100}{S}$.

Dann ist zu suchen, wieviel Serum des dichteren Blutes in das dünnere übergehen musste, um das Eiweiss des Serums zu liefern, welches in 100 Theilen verdünnten Blutes gefunden war. — Bedeutet S den procentischen Eiweissgehalt des Serums im dichteren Blut, E' das Eiweiss, welches in dem Serum von 100 Theilen des verdünnteren Blutes gefunden wurde, so ist der gesuchte Werth $X = \frac{E'\,100}{S}$.

Nun vergleicht man das soeben berechnete Serumvolum mit dem Antheil, welcher dem Serum in 100 Theilen des verdünnteren Blutes zukommt. Nennen wir das Serumvolum in 100 Theilen des verdünnten Blutes $S^{V'}$, so wird $S^{V'} - X$ die Wassermenge angeben, die zu X gelangen musste, um dasselbe auf den Werth von S^V zu bringen.

In gleicher Weise lässt sich auch die Volumänderung der Körperchen bei ihrem Uebergang aus der ersten in die zweite Blutart berechnen, da ebenso wie für das Serum alle Unterlagen gegeben sind.

Nicht alle Fundamente, auf welchen sich die einfache Rechnung aufbaut, sind in einem gleichen Grade zuverlässig, denn es lassen sich die procentischen Werthe des Blutes und des Serums an Eiweiss genauer als die Mengen des Körpercheneiweisses in 100 Blut ermitteln. Trotz aller Sorgfalt, die auf die Abscheidung der Körperchen verwendet wurde, ereignete es sich gewöhnlich, dass die aus zwei Bestimmungen abgeleiteten Gehalte des Blutes an Körpercheneiweiss um 0·2 eines Procentes von einander abwichen. Ein Unterschied von dieser Grösse bringt aber bei der Auswerthung des Serumvolums schon einen solchen von ganzen Procenten hervor, weil er bei der hiezu nothwendigen Rechnung um mehr als das Zehnfache vergrössert erscheint. In Anbetracht dessen habe ich nur denjenigen meiner Beobachtungen Zutrauen geschenkt, in welchen die beiden an derselben Blutmasse ausgeführten Bestimmungen zu Zahlen führten, die höchstens um 0.2 Procent von einander wichen. Das Mittel aus beiden wurde die Grundlage der Rechnung.

Die folgenden Zahlen geben die Unterlagen und das Ergebniss der Rechnung.

Versuch 1.

	Vor der Einführung des Salzes	2 Min. nach vollendeter Einführung des Salzes
Eiweiss in 100 Theilen Blut	20·91	15·03
Eiweiss in 100 Theilen Serum	6·11	3·68
Körpercheneiweiss in 100 Blut . . .	16·87	12·02
Eiweiss des Serums in 100 Blut . . .	4·04	3·01
Volum des Serums in 100 Blut . . .	66·12	81·79
Volum des Körpers in 100 Blut . . .	33·88	18·21
Eiweiss in 100 Körperchen	49·82	66·01

Demnach genügten 49·26 Serum vom Blute 1 um 81·79 Serum des Blutes 2 zu bilden. Zum Serum 2 traten 32·5 Wasser. 24·01 Körperchen des Blutes 1 waren nöthig, um 18·21 Körperchen des Blutes 2 zu bilden. Die Körper verloren 6·8 Wasser. Zum Blute 1 traten 28·12 Wasser, um das Blut 2 zu bilden. — Hieraus $28 \cdot 1 + 6 \cdot 8 = 34 \cdot 9$ H_{20}, welche zum Serum gingen.

Versuch 2.

	Vor der Einführung des Salzes	2 Min. nach vollendeter Einführung des Salzes
Eiweiss in 100 Theilen Blut	19·75	14·31
Eiweiss in 100 Theilen Serum	7·12	4·31
Körpercheneiweiss in 100 Blut	14·23	10·90

	Vor der Einführung des Salzes	2 Min. nach vollendeter Einführung des Salzes
Eiweiss des Serums in 100 Blut . . .	5·52	3·33
Volum des Serums in 100 Blut . . .	77·53	77·26
Volum der Körper in 100 Blut . . .	22·47	22·74
Eiweiss in 100 Körperchen	63·32	47·23

Demnach genügten 46·76 Serum des Blutes 1 um 77·26 Serum des Blutes 2 zu bilden. Zum Serum waren getreten 30·5 Wasser. Es lieferten 17·22 Körperchen des Blutes 1 22·74 Körperchen des Blutes 2. Zu den Körperchen waren getreten 5·5 Wasser. Zum Blute traten 27·78 Wasser — Zum Serum 30·5, zu den Körperchen 5·5 = 36·0 Wasser.

Versuch 3.

	Vor der Einführung des Salzes	2 Min. nach vollendeter Einführung des Salzes
Eiweiss in 100 Theilen Blut	19·30	14·36
Eiweiss in 100 Theilen Serum	6·48	4·92
Körpercheneiweiss in 100 Blut	14·02	10·28
Eiweiss des Serums in 100 Blut . . .	5·28	4·08
Volum des Serums in 100 Blut . . .	81·48	82·92
Volum der Körper in 100 Blut . . .	18·52	17·08
Eiweis in 100 Körperchen	75·70	60·18

Demnach genügten 62·93 Serum des Blutes 1 um 82·92 Serum des Blutes 2 zu bilden. Zum Serum traten 20·0 Wasser. Es gehörten 13·61 Körperchen des Blutes 1 zur Herstellung der Körperchen des Blutes 2. Vorhanden waren 17·08 also nehmen sie auf 3·47 Wasser. Zum Blute traten 25·38 Wasser. — Zum Serum 20·0, zu den Körpern 3·47. Summa 23·47.

Versuch 4.

	Vor der Einführung des Salzes	2 Min. nach vollendeter Einführung des Salzes
Eiweiss in 100 Theilen Blut	20·78	17·98
Eiweiss in 100 Theilen Serum	6·54	5·55
Körperchen Eiweiss in 100 Theilen Blut	15·54	13·56
Eiweiss des Serums in 100 Theilen Blut	5·24	4·42
Volum des Serums in 100 Theilen Blut .	78·44	79·64
Volum der Körperchen in 100 Thln. Blut .	21·56	20·36
Eiweiss in 100 Körperchen	72·07	66·57

Demnach genügten 66·15 Serum des Blutes 1 zur Herstellung von 79·64 Serum des Blutes 2. Das Serum hatte aufgenommen 13·79 Wasser;

es genügten 18·83 Körperchen des Blutes 1 zur Herstellung von 20·36 Körperchen des Blutes 2. Die Körperchen hatten aufgenommen 1·53 Wasser. Zum Blute traten 13·46 Wasser, zum Serum 13·79, zu den Körperchen 1·53, Summa 15·32.

Versuch 5.

	Vor der Einführung des Salzes	2 Min. nach vollendeter Einführung des Salzes
Eiweiss in 100 Theilen Blut	21·09	17·45
Eiweiss in 100 Theilen Serum	6·78	5·16
Körpercheneiweiss in 100 Blut	16·85	14·10
Eiweiss in dem Serum von 100 Blut .	4·24	3·35
Volum des Serums in 100 Blut . . .	62·54	64·92
Volum der Körperchen in 100 Blut . .	37·46	35·08
Eiweiss in 100 Körperchen	44·98	40·19

Demnach genügten 49·40 des Serums vom Blute 1 zur Herstellung von 64·92 des Serums des Blutes 2. Das Serum hatte aufgenommen 15·52 H_2O; es genügten 31·35 Körperchen des Blutes 1 zur Herstellung von 35·08 der Körperchen des Blutes 2. Sie hatten aufgenommen 3·73 H_2O. Zum Blute waren getreten 17·18 Wasser. Zum Serum 15·52. Zu den Körperchen 3·73: Summa 19·25.

Von den beiden Aufschlüssen, die von der Kenntniss des procentischen Körperchen und Serumeiweiss erwartet wurden, besprechen wir zunächst den, welcher sich auf die Annahme bezieht, dass die Verdünnung des Blutes nur durch die Einwanderung von Wasser, nicht aber durch einen Verlust an Eiweiss bedingt sei.

Wenn mehrfache Rechnungen unter derselben Annahme angestellt, zu einem übereinstimmenden Ergebniss führen, trotzdem dass die thatsächlichen Grundlagen derselben in mehrfachen, vollkommen unabhängigen Bestimmungsarten gewonnen sind, so empfängt damit die Unterstellung einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, um nicht zu sagen Gewissheit. Wie die folgende Uebersicht der hier einschlagenden Zahlen zeigt, führt die Rechnung aus dem gesammten Eiweiss des Blutes und die welche sich auf den Eiweissgehalt seiner Bestandtheile gründet in vier der fünf Beobachtungen zu einer Uebereinstimmung, welche in Anbetracht der verfügbaren Methoden eine grosse genannt werden kann. Und um so mehr fällt der geringe Werth der Abweichung in das Gewicht, weil die aus den Bestandtheilen des Blutes berechneten Wassermengen ebenso oft nach oben wie nach unten von den aus dem Gesammteiweiss hergeleiteten abweicht.

Unter Berücksichtigung der kurzen Zeit, in welcher die Verdünnung des Blutes und seiner Bestandtheile erfolgte und dessen was die folgenden Zahlen zeigen, wird mit Sicherheit anzunehmen sein, dass die Minderung, welche sich im Eiweissgehalt desselben kurz nach ihrer Besalzung eingestellt hat, allein auf einer Zumischung von Wasser oder überhaupt einer eiweissfreien Lösung beruht.

Versuch 1. Zum Serum waren gelangt 32·5 Wasser. Die Körperchen hatten hiervon geliefert 6·8 Wasser. Das Blut hatte an Wasser gewonnen 28·12; aus den Bestandtheilen berechnet = 25·7 Wasser. Unterschied + 2·4 Wasser.

Versuch 2. Zum Serum waren gelangt 30·5 Wasser, zu den Körperchen 5·5. Das Blut hatte an Wasser gewonnen 27·8. Aus den Bestandtheilen berechnet 36·0. Unterschied — 8·2 Wasser.

Versuch 3. Zum Serum waren gelangt 20·0 Wasser, zu den Körperchen 3·5. Das Blut hatte an Wasser gewonnen 25·4. Aus den Bestandtheilen berechnet 23·5. Unterschied + 1·9 Wasser.

Versuch 4. Zum Serum waren gelangt 13·8 Wasser, zu den Körperchen 1·5. Das Blut hatte an Wasser gewonnen 13·5. Aus den Bestandtheilen berechnet 15·3. Unterschied — 1·8 Wasser.

Versuch 5. Zum Serum waren gelangt 15·5 Wasser, zu den Körperchen 3·7. Das Blut hatte aufgenommen 17·2. Aus den Bestandteilen berechnet 19·2. Unterschied — 2·0 Wasser.

In dem angesalzten wasserhaltigeren Blut bewahrten die Körperchen ihr Eiweiss und ihre Gestalt, aber sie änderten ihren Wassergehalt. Wären die Körper wo und wann sie vorkommen stets gleich gebaut und gemischt, so müsste zwischen den Aenderungen in der Zusammensetzung des Plasma's und der ihren eine feste Regel gelten. Von ihrem Bestand ist aus meinen Beobachtungen nichts zu lesen. Unter fünf derselben findet sich eine, in welcher der Eiweissgehalt im Serum sehr merklich herab, der in den Körperchen heraufgegangen war. In den vier anderen Beobachtungen ist dagegen das Eiweissprocent in beiden Bestandtheilen gleichsinnig verändert. Wenn wir bei der Betrachtung der vier letzten stehen bleiben, so können wir entweder vergleichen, wie viel Wasser von der Volumeinheit eines jeden der beiden Bestandtheile beim Uebergang aus dem dichteren in den verdünnteren Zustand aufgenommen war. — Oder auch in welchem Verhältniss das Eiweissprocent in jedem der beiden Bestandtheile gesunken sei.

Führt man die erste Art der Vergleichung aus, so ergiebt sich:

Versuch 2.	46·76	Volumen Serum	nehmen	30·5	Wasser	= 1:0·65
	17·22	„ Körperchen	„	5·5	„	= 1:0·37
Versuch 3.	62·93	„ Serum	„	20·0	„	= 1:0·32
	13·61	„ Körperchen	„	3·47	„	= 1:0·26
Versuch 4.	66·15	„ Serum	„	13·79	„	= 1:0·28
	18·83	„ Körperchen	„	1·53	„	= 1:0·08
Versuch 5.	49·40	„ Serum	„	15·52	„	= 1:0·32
	31·35	„ Körperchen	„	3·73	„	= 1:0·12.

Und nach dem zweiten Verfahren:

Versuch 2. Vor der Verdünnung besitzt das Serum 7·12 proc. Eiweiss, nach derselben 4·31 = 1:0·61.
Vor der Verdünnung besitzen die Körperchen 63·3 proc. Eiweiss, nach derselben 47·2 = 1:0·74.

Versuch 3. Vor der Verdünnung besitzt das Serum 6·48 proc. Eiweiss, nach derselben 4·92 = 1:0·76.
Vor der Verdünnung besitzen die Körperchen 75·7 proc. Eiweiss, nach derselben 60·2 = 1:0·80.

Versuch 4. Vor der Verdünnung besitzt das Serum 6·54 proc. Eiweiss, nach derselben 5·55 = 1:0·85.
Vor der Verdünnung besitzen die Körperchen 72·0 proc. Eiweiss, nach derselben 66·6 = 1:0·93.

Versuch 5. Vor der Verdünnung besitzt das Serum 6·78 proc. Eiweiss, nach derselben 5·16 = 1:0·76.
Vor der Verdünnung besitzen die Körperchen 45·0 proc. Eiweiss, nach derselben 40·2 = 1:0·90.

Das Gesetzmässige, welches aus diesen Zahlen hervorgeht, beschränkt sich darauf, dass sich die Zusammensetzung der lebenden Körperchen mit der des Plasma's ändert; sie können Wasser aufnehmen und abgeben. Geschieht das letztere, so bleibt der Zuwachs an Wasser, den die Körperchen erfahren, hinter dem des Serums zurück. Hierfür sprechen die von der Einheit der Körperchen aufgenommenen Wassermengen und ebenso die Verhältnisse nach welchem die Eiweissprocente sinken. Als Regel kann es dagegen gelten, dass mit der zunehmenden Verdünnung des Serums auch eine solche in den Körperchen einhergeht, wenn auch das Genauere des Verhältnisses, nach welchem sich das Wasser vertheilt, nicht offenbar wird.

Trotz ihrer Lückenhaftigkeit ist die gewonnene Einsicht werthvoll, denn wir wissen jetzt, dass auch die lebendigen Blutkörperchen an der Eigenschaft der todten in verdünnteren Lösungen zu schwellen Antheil nehmen.

Ob es in Folge Quellung oder einer lebendigen Aufsaugung geschieht, mag dahingestellt bleiben.

In vier der vorliegenden Versuche war im Blute und im Serum der Gehalt an schwefelsaurem Natron bestimmt worden. Weil auch das Serum- und Körperchenvolum in der Einheit des Blutes bekannt ist, so lässt sich nach bekannten Regeln berechnen, wie sich das Salz zwischen den Bestandtheilen des Blutes vertheilt hat. — Zwei Minuten nach Einführung des Salzes fanden sich an Na_2SO_4:

Versuch 1. In 100 Blut = 0·295, in 100 Serum = 0·395. Hiernach in 81·79 Serum = 0·256, und in 18·21 Körperchen = 0·039. In 100 Körperchen = 0·214.

Versuch 2. In 100 Blut = 0·315, in 100 Serum 0·46. Hiernach in 77·53 Serum = 0·355, die Körperchen frei von Na_2SO_4.

Versuch 3. In 100 Blut = 0·46, in 100 Serum = 0·29. Demnach in 82·92 Serum = 0·241 und in 17·08 Körpern 0·219, in 100 Körperchen 1:13!

Versuch 4. In 100 Blut = 0·238, in 100 Serum 0·230. Demnach in 79·64 Serum = 0·183 und in 20.36 Körper = 0·055, in 100 Körperchen 0·28.

Hinsichtlich ihres Verhaltens waren die Körperchen des Versuches 1 dadurch ausgezeichnet, dass von ihnen Wasser zum Plasma übergetreten war. Zum Austausche gegen die Einbusse an Wasser hatten sie Na_2SO_4 gewonnen. Im zweiten Versuche war aus den Körperchen Wasser ausgetreten, ohne dass sie schwefelsaures Natron empfangen hatten. In den beiden letzten Beobachtungen war dagegen mit dem Wasser auch Salz zu den Körperchen gelangt und zwar so viel, dass die Lösungsdichtigkeit des Na_2SO_4 in ihnen höher als im Serum stieg.

Grössere Abweichungen des Verhaltens, als sie hier vorliegen sind nicht zu denken. Vielleicht bringen zukünftige Versuche Ordnung in die Verwirrung.

C. Beitrag des Serums und der Körperchen zu dem Verlust des Blutes an Wasser.

An dem Rückgang des Wassers, welchen das Blut in dem Zeitraum von der zweiten Minute nach der vollendeten Einführung des Salzes bis zu einer Stunde nach derselben erlitten hatte, betheiligen sich das Serum und die Körperchen. Auffallender Weise begegnete es in den drei durchgeführten Versuchen zweimal, dass der procentuale Wasserverlust der Körperchen grösser als der des Serums ausfiel, während sich doch beim Wassergewinn das umgekehrte Verhältniss ereignet hatte. Die Zahl der Versuche ist

nicht gross genug um der Behauptung zu genügen, dass es sich, wenn auch nicht um ein regelmässiges, doch um ein häufiges Vorkommen handle.

An Beobachtungsbeispielen kann ich die folgenden vorlegen:

Versuch 4.

	2 Minuten nach Zuführung des Salzes	1 Stunde nach Zuführung des Salzes
Eiweiss in 100 Theilen Blut	17·98	20·14
Eiweiss in 100 Theilen Serum	5.55	6·26
Körpercheneiweiss in 100 Blut	13·56	15·36
Eiweiss des Serums in 100 Theilen Blut	4·42	4·78
Volum des Serums in 100 Theilen Blut .	79·64	76.36
Volum des Körpers in 100 Theilen Blut .	20·36	23·67
Eiweiss in 100 Körperchen	66·57	82·93.

Dem Eiweissgehalt nach geben 89·77 Serum des Blutes 1 = 76·36 des Serums 2. Weggegangen an Wasser 13·4. Dem Eiweissgehalt nach geben 23·0 Körperchen des Blutes 1 = 23·7 des Körpers des Blutes 2. Zugetreten 0·7 Wasser. Von dem Blute 1 wurden abgegeben 12·0 H_2O, das Serum verlor 13·4, die Körperchen nahmen auf 0·7. Summa 12·7.

Versuch 6.

	2 Minuten nach Einführung des Salzes	1 Stunde nach Einführung des Salzes
Eiweiss in 100 Blut	13·55	17·19
Eiweiss in 100 Serum	4·76	5·67
Körperchen Eiweiss in 100 Blut . . .	9·73	12·4
Eiweiss des Serums in 100 Blut . . .	3·82	4·84
Volum des Serums in 100 Theilen Blut .	80·25	85·36
Volumprocent der Körperchen	19·75	14·64
Eiweiss in 100 Körperchen	49·26	84·29

Dem Eiweissgehalt entsprechend geben 101·6 Serum des Blutes 1, 85·4 des Serums 2. Weggegangen = 16·2 H_2O. Dem Eiweissgehalt entsprechend geben 25·10 Körperchen des Blutes 1 = 14·64 der Körperchen des Blutes 2. Weggegangen 10·46 H_2O. Aus dem Blute waren gegangen 26·8 H_2O. Vom Serum 16·2, aus dem Körper 10·5. Summa 26·7 H_2O.

Versuch 7.

	2 Minuten nach Einführung des Salzes	1 Stunde nach Einführung des Salzes
Eiweiss in 100 Blut	13·87	17·01
Eiweiss in 100 Serum.	4·45	5·59

Körpercheneiweiss in 100 Blut	10·39	12·46
Eiweiss des Serums in 100 Blut . . .	3·48	4·55
Volum des Serums in 100 Theilen Blut .	78·20	81·39
Volum der Körper in 100 Theilen Blut .	21·80	18·61
Eiweiss in 100 Körperchen	47·66	66·95

Dem Eiweissgehalt nach geben 102·2 Serum des Blutes 1 = 81·39 Serum des Blutes 2. Wegegangen 20·8 H_2O. Dem Eiweissgehalt nach geben 26·14 Körperchen des Blutes 1 = 18·61 Körperchen des Blutes 2. Weggegangen 7·53 H_2O. Aus dem Blute waren gegangen 25·4 Wasser. Aus dem Serum 20·8, aus den Körpern 7·5. Summa 28·3.

Zusammengefasst sagt der Thatbestand, dass das schwefelsaure Natron von seiner Ankunft im Blute an auch die Auswanderung aus demselben in einem solchen Umfang beginnt, dass schon wenige Minuten nachher der grösste Theil derselben wieder ausgeschieden ist. Weil in der kurzen Zeit die Niere nachweislich nur einen sehr kleinen Antheil an der Abscheidung genommen hat, so wird der Verlust an Salz nur dadurch erklärlich, dass dasselbe durch zahlreiche andere Capillarbezirke in die Gewebesäfte gelangte. Gleichzeitig mit dem Eindringen des Salzes fliesst aus den Geweben Wasser in das Blut über. Mit dem Eintritt des Wassers in das noch mit schwefelsaurem Natron begabte Blut sind die Bedingungen für eine gesteigerte Thätigkeit der Niere erfüllt, in deren Folge das Blut von dem vorhandenen Salz und einem Theile des Wassers befreit wird. In dem Maasse als der Harn das Blut entlastet, kehrt nun auch das in die Gewebssäfte abgelagerte schwefelsaure Natron in den Gefässraum zurück, um von dort in den Harn überzugehen, indess sich ein Theil des Wassers auf dem Wege, den es ursprünglich eingeschlagen hat, zurückbegiebt. Der geringeren Geschwindigkeit gemäss, mit welcher die Bildung des Harns fortschreitet, wird das Blut von dem Salze und dem Ueberschuss an Wasser befreit, wodurch es begreiflich wird, dass der zweite Theil des Vorganges, die Entsalzung der Gewebe und des Blutes, mehr Zeit als die Bewässerung des letztern beansprucht. —

Ueber den Vorgang der im Inneren des Gefässraumes nach der Steigerung des Wassers und Salzgehaltes geben die Versuche den sicheren Aufschluss, dass alsbald das Wasser zum kleineren Theil in die Körperchen übergeht, zum grösseren aber dem Plasma verbleibt; dagegen als nur wahrscheinlich ist es anzusehen, dass zur Zeit, in welcher das Blut noch sehr salzreich ist, die Körperchen Wasser an das Plasma abgeben, statt es von ihm aufzunehmen. Ueber die Vertheilung des schwefelsauren Salzes zwischen die Körper und die Flüssigkeit des Blutes lässt sich nichts vor-

aussagen; der procentische Gehalt an Salz wurde verschiedentlich da oder dort grösser gefunden.

Unverkennbar trägt der beobachtungsgemäss geschilderte Vorgang zwischen dem Aussen- und Innenraum der Gefässe das Gepräge eines endosmotischen, dessen Verlauf dadurch geregelt wird, dass in ihn eine allmählich fortschreitende Entfernung eines der Bestandtheile eingreift, Stärke und Richtung des Diffusionsstromes ändernd. Nach anderen Ursachen für die Bewegung der Molecule zu suchen, dafür liegt um so weniger ein Grund vor, als alle Bedingungen für den Eintritt der Diffusion verwirklicht sind. Bevor man also dazu schreiten dürfte, nach anderen Ursachen für den beobachteten Gang des Stoffaustausches zu suchen, müsste man erst erklärlich machen, warum gerade hier eine allen mischbaren Salzlösungen eigene Eigenschaft ausser Wirksamkeit gesetzt werde.

Ergebniss der Versuche nach Einführung von Chlornatrium und phosphorsaurem Natron.

Von Belang musste es erscheinen, an die Versuche mit einem Salze, das zu den Auswürflingen gehört, einige andere anzuschliessen, welche sich auf die ständigen Minerale der Blutflüssigkeit bezogen. Die Wahl fiel auf Chlornatrium und phosphorsaures Natron. — Den Beobachtungen eine gleiche Ausdehnung zu widmen, wie sie unter dem Gebrauch des schwefelsauren Natrons angewendet war, hielt ich jedoch nicht für nothwendig, wenn sich in den wesentlichen Punkten eine Uebereinstimmung mit dem Verhalten des schwefelsauren Natrons herausstellte. Eine solche ergab sich, wie die folgenden Beobachtungen zeigen, in der That.

Vers. 8. Körpergewicht 35 Kilo — eingeführt wurden 21 grm NaCl.

	Vor der Einführung.	2 Minuten nach vollendeter Einführung des Salzes.	1 Stunde nach der Einführung des Salzes.
Eiweiss in 100 Theilen Blut . . .	24·42	21·08	21·13
Chlor in 100 Blut	0·214	0·358	0·339
„ in 100 Serum	0·350	0·462	0·449

Vers. 9. Körpergewicht 24.5 Kilo, eingeführt wurden 20·7 grm NaCl.

Eiweiss in 100 Theilen Blut	18·43	—	16·62
Eiweiss in 100 Theilen Serum . . .	7·73	—	5·77
Körpereiweiss in 100 Blut	12·88	—	11·84
Eiweiss des Serums in 100 Blut . .	5·55	—	4·76
Serumvolumen in 100 Theilen Blut .	71·79	—	82·49
Körpervolumen in 100 Theilen Blut .	28·21	—	17·51

Eiweiss in 100 Theilen Körperchen .	45·66	—	69·36
In 100 Theilen Blut Cl	0·301	0·435	0·368
In 100 Theilen Serum Cl	0·371	0·554	0·415

Durch die Nieren waren im Verlaufe der Stunde 4·274 Cl = 7·052 NaCl ausgeschieden.

Dem Eiweissgehalt entsprechend geben 61·6 Serum des Blutes 1 = 82·5 des Serum 2. Aufgenommen 20·9 Wasser. Dem Eiweissgehalt entsprechen 25·8 Körperchen des Blutes 1 = 17·51 des Blutes 2, also abgegeben 8·32 Zu dem Blute 2 waren gekommen 9·8 H_2O, den Bestandtheilen nach (20·9 —8·3) = 12·6 Wasser. Unterschied beider Bestimmungen 2·8.

Vers. 10. Körpergewicht 8·5 Kilo, eingeführt 4·95 gr phosphorsauren Natrons.

	Vor der Einführung.	2 Minuten nach vollendeter Einführung des Salzes.	1 Stunde nach der Einführung des Salzes.
Eiweiss in 100 Blut	22·54	20·68	21·03
Na_2HPO_4 in 100 Blut	0·19	0·33	0·22
Na_2HPO_4 in 100 Serum	?	0·39	0·23

Mit dem schwefelsauren Natron theilen auch die phosphorsauren und Chlorverbindungen derselben Base die Eigenschaft, zum Blute eine Wasserströmung einzuleiten, und diesem entgegen in die Gewebsflüssigkeiten überzutreten, vorausgesetzt, dass die genannten Salze in einem das vorher bestandene Gleichgewicht störenden Betrage eingeführt wurden. Wenn dann im Verlaufe der Zeit das Blut mit Hülfe der Niere von seinem Ueberschuss befreit ist, gelangt durch Umkehr des anfänglich eingeleiteten Stromes die ursprüngliche Zusammensetzung des Blutes zurück. Das Blut reinigt sich auch von einem Ueberschuss an normalen Salzen.

Da Brasol ein ganz ähnliches Verhalten des Traubenzuckers, wie es hier für die Salzverbindungen des Natrons aufgedeckt wurde, nachgewiesen hat, so darf der gleiche Vorgang stets erwartet werden, wenn das Gleichgewicht des Gehaltes an krystallisirten Massen zwischen der Blut- und den Gewebsflüssigkeiten aufgehoben ist. Zwischen dem Vorgang nach den jeweilig kleineren Mengen, die vom Darmcanal her eingebracht werden, und den grösseren, die dem Blute unmittelbar zugefügt wurden, kann demnach nur ein gradweiser Unterschied bestehen.

Aus dem Bestreben, zwischen den krystalloiden Bestandtheilen des Blutes und denen der Gewebesäfte ein Gleichgewicht herzustellen, erklärt sich eine von Runeberg[1] nach zahlreichen und genauen Beobachtungen

[1] *Deutsches Archiv für klinische Medicin.* Bd. XXXV. S. 266.

festgestellte Thatsache. In allen Transsudaten, die während des Lebens dem Körper entnommen wurden, entzündlichen oder hydraemischen, eiweissreichen und eiweissarmen, traf er stets denselben Gehalt an Extractivstoffen und Mineralsalzen. Wie von den Kräften und den sonstigen Bestandtheilen erwies sich die Gleichförmigkeit ihres Antheils an Krystalloiden auch von dem Capillargebiete unabhängig, aus welchem die Transsudate hervorgegangen waren. Unter allen auch den verschiedenartigsten Bedingungen schwankte der Gehalt der Transsudate, welche dem Lebenden entnommen waren, um den aus anderen Beobachtungen längst erkannten Mittelwerth des Blutserums an Mineralstoffen. — So löst sich denn einfach die früher räthselhafte Beständigkeit des Zuckergehaltes im arteriellen Blut, welche v. Mering[1] und Bleile[2] auffanden, mochte das Thier, dem das Blut angehörte, nüchtern oder noch so reichlich mit Zucker gefüttert sein. Jede Menge von Zucker, welche das Gleichgewicht zwischen den Flüssigkeiten innerhalb und ausserhalb der Gefässe aufhebt, muss, je nach dem Orte, von welchem die Störung ausgeht, einen Strom von Wasser nach ein- oder auswärts bedingen. Stets muss sich der Zuckergehalt der Gewebssäfte mit dem des Blutes ausgleichen.

Analytisches Verfahren. — Da die Bestimmungsweisen des Eiweisses aus dem Blute und seinen Bestandtheilen zur Genüge bekannt sind, so darf ich mich auf wenige Bemerkungen beschränken. — Eiweiss des gesammten Blutes. Aus einer ausgewogenen Pipette wurden 5 ^{ccm} Blut in eine Schale mit 100 ^{ccm} H_2O übergeführt, ein Gemenge aus welchem sich ein sehr feinflockiges Gerinnsel darstellen lässt. Wenn beim Erhitzen auf dem Wasserbade die rothe Lackfarbe in eine braune überging, wurde aus einer Pipette eine sehr verdünnte Essigsäure in Tropfen unter Zählung derselben zugesetzt; sowie mit der fortschreitenden Gerinnung sich die zwischen den Flocken befindliche Flüssigkeit aufzuhellen begann, wurde mit dem Zusatz von Essigsäure innegehalten, und die Schale auf einem Drahtnetz bis zur Vollendung der Coagulation aufgekocht. Die Erfahrung zeigte mir, dass die Vollendung der Coagulation auf dem Wasserbade eine grössere Menge von Säure erfordert, und dass sich in Folge dessen Acidalbumin bildet. Das Gerinnsel wurde auf ein gewogenes, getrocknetes, aschenfreies Filter gebracht, mit H_2O, Alkohol und Aether erschöpft, dann nach bekannten Vorschriften bei 110° C. getrocknet und gewogen. Von den gewonnenen Zahlen wurde nur dann Gebrauch gemacht, wenn zwei Controlbestimmungen um weniger als 0·2 Procent von einander abwichen. — Eiweiss im Serum. Bei seiner Bestimmung wurde wie eben beschrieben verfahren

[1] *Dies Archiv.* 1877. S. 234.
[2] *Dies Archiv.* 1879. S. 53.

mit dem Unterschiede, dass die Fällung in einer blauen oder schwarzen Schale vorgenommen wurde um den Grad von Klarheit der zwischen den reinen Flocken befindlichen Flüssigkeit besser beurtheilen zu können. Dass nur vollkommen farbloses, wasserklares Serum zur Analyse kam, wird kaum der Erwähnung bedürfen. — Eiweiss der Körperchen. Die durch Wägung ermittelte Blutmenge — bis zu 10 grm — wurde sammt der 4 procentigen Lösung schwefelsaurer Magnesia, aus dem oben beschriebenen Gefäss in 400 ccm derselben Salzlösung bis auf die letzten Spuren übergeführt, auf zwei Cylinder vertheilt und centrifugirt. Nach 45 Minuten sind die Körperchen zu Boden gedrückt. Die klare, farblose Flüssigkeit wird sorgfältig abgehoben, der rothe Bodensatz mit je 200 ccm schwefelsaurer Magnesia aufgeschüttelt und von Neuem centrifugirt. Eine dritte Centrifugirung mit Salzlösung erwies sich nicht ausführbar, weil sich trotzdem dass sie in der Kälte vorgenommen wurde, eine röthliche Färbung der Salzlösung einstellte. Nachdem die farblose, durch das zweite Centrifugiren abgeschiedene Salzlösung bis auf einen äusserst geringen Rückstand entfernt war, wurde der rothe Bodensatz in destillirtem Wasser verflüssigt. Das Volum des Gemenges wurde nachträglich genau auf 500 ccm gebracht. Hieraus wurden je 100 ccm zu zwei nebeneinander hergehenden Analysen verwendet. Damit sich das Eiweiss aus dieser sehr salzarmen Flüssigkeit durch die Erhitzung vollkommen abscheiden lasse, wurden zu je 100 ccm derselben 5 grm chemisch reines NaCl gesetzt. Alles andere geschah wie vorher beschrieben.

Die Schwefelsäure wurde aus je 100 ccm des Blutes und des Serums der Art bestimmt, dass die feinflockigen Gerinnsel ihres Eiweisses auf dem Filter mit Wasser vollständig ausgezogen und die durchgegangene Flüssigkeit bis auf 100 ccm eingeengt wurde. In dieser Menge wurde nach bekannten Verschriften die Schwefelsäure mit Baryt ausgewerthet. — Die Bestimmung der Schwefelsäure des Harns erfolgte aus je 5 ccm.

Ueber Sichtbarwerden des Hauches bei warmer Luft.

Von

E. du Bois-Reymond.

(Aus den Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft zu Berlin, 1886, Nr. 4, S. 30. Sitzung vom 19. Februar.)

Im Anschluss an den Vortrag des Hrn. R. v. Helmholtz über Dämpfe und Nebel in der Sitzung am 5. Februar machte Hr. E. du Bois-Reymond folgende Mittheilung:

Jedermann weiss, dass bei einer gewissen niedrigen Temperatur und bei einem gewissen Wassergehalt der Luft der Hauch eines athmenden Menschen oder Warmblüters, wie man zu sagen pflegt, sichtbar wird, d. h. die ausgeathmete Luft trübt sich durch den Niederschlag des Wassers, mit welchem sie für ihre jedesmalige, von der äusseren Temperatur nicht ganz unabhängige Temperatur gesättigt ist. Nach beiläufig angestellten Beobachtungen, welche Hr. Halske vor langer Zeit dem Vortragenden mittheilte, fängt man bei dem gewöhnlichen Feuchtigkeitsgrad unserer Wohnzimmer bei 15° C. an den Hauch zu sehen.

Völlig unbekannt war es aber bisher, soviel der Vortragende hat ermitteln können, dass man durch ein einfaches Verfahren auch bei viel höherer Temperatur, ja im Sonnenschein an einem schönen Sommertag im Freien, jederzeit den Hauch sichtbar machen kann. Dazu ist nur nöthig, dass man durch eine starke Exspirationsbewegung bei verschlossenem Munde die Luft in der Brusthöhle zusammendrücke, sie in diesem Zustande einige Zeit festhalte, dann den Druck aufhebe, und die Luft aus dem geöffneten Munde entweichen lasse. Unter diesen Umständen sieht man ein Nebelwölkchen vor dem Munde sich bilden. Es ist wohl anzunehmen, dass die durch Zusammendrückung erwärmte Luft bei längerem Verweilen in den Lungen sich für die erhöhte Temperatur mit Wassergas sättigt, und so davon mehr aufnimmt, als sie nach ihrer Ausdehnung bei nachlassendem Druck in Dampfform zu beherbergen vermag. Der an dem sogenannten Pneumatometer gemessene „forcirte“ Exspirationsdruck beträgt beim Manne nach Waldenburg bis zu 200 ^{mm} Quecksilber.

Eine Bemerkung zur Theorie der Drüsenfunction.

Von

G. Bunge,
Professor der Physiologie in Basel.

Bereits vor zwölf Jahren habe ich eine Thatsache mitgetheilt, welche bisher ganz unbeachtet geblieben ist, obgleich sie einen werthvollen Anhaltspunkt gewährt zur Beurtheilung der Theorien über die Drüsenthätigkeit. Ich meine die Thatsache, dass in der Milch die anorganischen Bestandtheile genau in demselben Gewichtsverhältnisse zur Ausscheidung gelangen, in welchem sie die Asche des Säuglings zusammensetzen.[1] Diese Thatsache ist um so beachtenswerther, als das Blut, welches das Material zur Milchbereitung liefert, eine ganz andere Aschenzusammensetzung aufweist. Ich habe nachträglich auch die Asche des Blutes und des Blutserums vom Hunde analysirt und stelle in Folgendem diese Analysen mit den früheren Aschenanalysen der Hundemilch und des Gesammtorganismus eines saugenden jungen Hundes zusammen.

100 Theile Asche enthalten	Saugende junge Thiere			Hundemilch	Hundeblut	Hundeblutserum
	Kaninchen	Hund	Katze			
K_2O	10·8	8·5	10·1	10·7	3·1	2·4
Na_2O	6·0	8·2	8·3	6·1	45·6	52·1
CaO	35·0	35·8	34·1	34·4	0·9	2·1
MgO	2·2	1·6	1·5	1·5	0·4	0·5
Fe_2O_3	0·23	0·34	0·24	0·14	9·4	0·12
P_2O_5	41·9	39·8	40·2	37·5	13·2	5·9
Cl [2])	4·9	7·3	7·1	12·4	35·6	47·6

[1] *Zeitschrift für Biologie.* 1874. Bd. X. S. 326.

[2] Von der Summe der Aschenbestandtheile muss das Sauerstoffaequivalent des Chlors abgezogen werden.

Dass die Milchasche etwas kalireicher und natronärmer ist als die Gesammtasche des Säuglings, lässt sich teleologisch erklären: das wachsende Thier wird nämlich — wie ich durch eine Reihe von Analysen gezeigt habe — relativ immer kalireicher und natronärmer; es hängt dieses wahrscheinlich mit der relativen Zunahme der kalireichen Muskeln und der relativen Abnahme der natronreichen Knorpel zusammen. Der höhere Chlorgehalt der Milch erklärt sich vielleicht daraus, dass die Chloride nicht bloss zum Aufbau der Organe dienen, sondern auch zur Bereitung der Verdauungssecrete und dass die mit den Verdauungssecreten in den Darm gelangten Chloride nicht wieder vollständig resorbirt werden. Auf die Differenzen im Eisengehalte darf kein Gewicht gelegt werden, weil die Menge der eingeäscherten Milch für eine genaue Eisenbestimmung bei meiner Analyse viel zu gering gewesen ist.

Die Epithelzelle der Milchdrüse sammelt also aus dem ganz und gar anders zusammengesetzten Blute alle anorganischen Bestandtheile genau in dem Gewichtsverhältniss, in welchem der Säugling ihrer bedarf, um zu wachsen und dem mütterlichen Organismus gleich zu werden.

Diese eine Thatsache ist hinreichend, alle bisherigen Versuche einer mechanistischen Erklärung der Drüsenthätigkeit zu widerlegen.

Es wäre möglich, dass den Epithelzellen bereits vorgearbeitet wird durch die Endothelzellen, welche die Wand der Blutcapillaren zusammensetzen und deren jede gleichfalls ein Organismus für sich ist, ein lebendes Wesen mit äusserst verwickelten, noch gänzlich unbekannten Functionen. Es wäre möglich, dass die Zellen der Capillarwand in den verschiedenen Organen und Geweben ganz verschiedene Plasmabestandtheile hindurchtreten lassen, entsprechend den verschiedenen Bedürfnissen und Functionen. Diese völlig räthselhafte Fähigkeit, eine Auswahl zu treffen, besitzt jede Zelle unseres Körpers.[1]

[1] Vergl. meine Schrift: *Vitalismus und Mechanismus.* Leipzig 1886. S. 6 bis 10.

Nachtrag zur Entwickelung von Praopus.

Von

Dr. Hermann von Jhering,
in Brasilien.

Nachträglich bemerke ich, dass bereits Kölliker (Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere II. Aufl. Leipzig 1876 p. 362) die Thatsache der Existenz eines gemeinsamen Chorion bei Praopus erwähnt hat. Er bemerkt: „Der zweite, zu Dasypus novemcinctus gehörende Uterus enthielt vier Embryonen von 4·4 cm Länge, von denen jeder sein Amnion besass, die jedoch alle zusammen, soviel ich ermitteln konnte, innerhalb eines einzigen Chorion lagen, und eine einzige zusammenhängende Placenta besassen. Diese verhielt sich genau so wie in dem ersten Falle, und liess sich hier besonders deutlich am Rande der Placenta der Zusammenhang der Schlussplatte mit der Mucosa uteri jenseits der Placentarstelle nachweisen. Eine Reflexa wurde nicht gesehen und ebensowenig ein Dottersack. Somit gehören auf jeden Fall die Gürtelthiere zu den Deciduaten.“

Ferner machte mich mein verehrter College Hr. Dr. Goeldi in Rio de Janeiro auf eine merkwürdiger Weise im zoologischen Jahresbericht nicht erwähnte und mir daher entgangene Abhandlung von Alphonse Milne Edwards aufmerksam, welche auf die Embryologie von Praopus Bezug hat: „Recherches sur les enveloppes foetales du tatou á neuf bandes“, Annales des sciences naturelles, VIième Série, Tome VIII, 1879. — Kölliker's vollkommen zutreffende, wenn auch sehr kurze Darstellung wird darin bestätigt und durch Abbildungen ergänzt.

Während somit die Priorität für den Nachweis der sonderbaren Beschaffenheit der Eihüllen am Praopus ohne Zweifel Kölliker zuzusprechen ist, hat keiner dieser Verfasser die Thatsache bemerkt, dass alle Föten eines Wurfes einerlei Geschlechtes sind. Es wird Sache späterer Forschungen sein

müssen, zu constatiren, ob schon im Graaf'schen Follikel mehrere Keime sich finden oder erst nach der Befruchtung die Zerlegung des Keimes in mehrere Theile erfolgt. Es lässt sich jedoch erwarten, dass nur letzterer Modus zur Beobachtung gelangen kann, denn die Thatsache der Unisexualität aller zusammengehöriger Föten weist ja darauf hin, dass nur eine einmalige resp. einzige Befruchtung statt hatte, die also vor der Theilung des Eies in mehrere Keime stattfinden muss. Dass darin ein dem Generationswechsel zugehöriger Vorgang zu erblicken ist, dürfte wohl kaum auf allgemeinen Widerstand stossen, da mir z. B. mein verehrter College Dr. Fritz Müller schrieb, dass er meine Auffassung vollkommen theile.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1885—86.

IX. Sitzung am 12. März 1886.[1]

1. Hr. Gad hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber haemorrhagische Dyspnoë".

Es war ein wesentlich theoretisches Interesse, welches den Vortragenden veranlasst hat, auf die Erscheinungen, welche die Athmung bei starken Aderlässen zeigt, sein Augenmerk zu richten. Bei plötzlichen starken Blutverlusten muss Lufthunger eintreten und für das erschöpfende Studium des zuletzt vom Vortragenden behandelten Thema's (Sitzung vom 12. Februar d. J., s. oben S. 388 ff.) war es nothwendig gewesen, zu erfahren, ob die den haemorrhagischen Lufthunger begleitende Dyspnoë ebenso wie alle anderen Dyspnoëen, welche einem Lufthunger ihre Entstehung verdanken, zunächst inspiratorischen Charakter zeigt. Dass dies thatsächlich der Fall ist, hat sich schnell ermitteln lassen. Bei Gelegenheit der zu dieser Erkenntniss führenden Versuche hatte aber Vortragender so interessante Erscheinungen zu sehen bekommen, dass er sich von einem genaueren Eingehen auf dieselben Ergebnisse von einiger Bedeutung versprach. Hr. Holovtschiner, welcher sich wegen eines Thema's für seine Doctor-Dissertation an den Vortragenden wandte, übernahm gerne die Ausführung der Arbeit, welche das Studium der Athemformen, nicht nur bei lebensgefährlichen Haemorrhagien, sondern auch bei lebensrettenden Kochsalz-Transfusionen zum Gegenstand haben sollte. Damit war das praktische Interesse in den Vordergrund gestellt.

Die Ansichten der Chirurgen über die Indicationen für Anwendung der Kochsalz-Transfusion scheinen sich ja mehr und mehr zu klären.[2] Wo durch acute Anaemie das Leben bedroht ist, wird man wohl gern nach der Kochsalz-Transfusion als nach einem Mittel greifen, welches einfach und unbedenklich in der Ausführung ist und welches, wenigstens soweit es sich um Zeitgewinnung handelt, Erfolg verspricht. Da scheint es denn allerdings angebracht, auch an der Hand von Erfahrungen, welche das Thier-Experiment liefert, den Blick für

---

[1] Ausgegeben am 5. April 1886.

[2] Vergl. H. Schramm, Ueber den Werth der Kochsalzinfusion und Bluttransfusion u. s. w. *Wiener medicinische Jahrbücher.* 1885. S. 489.

das zu schärfen, was die Beurtheilung des jeweiligen Zustandes des Organismus bei Haemorrhagie und Transfusion unterstützen und dadurch das Handeln des Arztes mit bestimmen kann. Die Beachtung der Athemform verdient in dieser Beziehung, wie die Untersuchung Holovtschiner's lehrt, allerdings volle Berücksichtigung.

An der Hand der beigegebenen schematischen Skizze wird es möglich sein, von dem Typus der auffallendsten Erscheinungen eine Vorstellung zu geben. Während eines ergiebigen Aderlasses nimmt, gleichzeitig mit dem Sinken des Blutdruckes die Tiefe der einzelnen Athemzüge zu, die Verbindungslinie der exspiratorischen Kuppen der Athemvolum-Curve senkt sich in inspiratorischem Sinne. (Fig. 1.) Die hierdurch charakterisirte Athmung wird, da ihre vermehrte Inspirations-Anstrengung durch Lufthunger bedingt ist, die pneumatorektische genannt. Die vertieften, häufigen — mässig beschleunigten oder doch nicht verlangsamten — Athemzüge der pneumatorektischen Dyspnoë müssen als eine ganz normale Reaction des Organismus gegen acute Anaemie betrachtet werden. Sie garantiren eine, trotz der gesunkenen Blutgeschwindigkeit ausreichende Lüftung der Medulla oblongata, sie legen von einer noch beträchtlichen Energie des Inspirations-Apparates — dieses Primum moriens — Zeugniss ab, und da in ihnen ausserdem durch eine Kochsalz-Transfusion nichts geändert wird, so fordern sie weder zu diesem Eingriff auf, noch würden sie ihn rechtfertigen.

Geht ein Kaninchen während des Blutflusses oder an den unmittelbaren Folgen desselben zu Grunde, so geschieht dies stets unter ganz bestimmten, gut charakterisirten Erscheinungen von Seiten des Athemapparates. Das bedenklichste Symptom ist eine erhebliche Verlangsamung der Athemzüge. Sind die durch lange Pausen getrennten Inspirationen auch tief, ja sind sie auch mehr wie doppelt so tief als in der Norm, so liegt doch dringende Gefahr vor. Es folgt das aus der ganzen Summe von Erfahrungen, welche Hr. Holovtschiner gesammelt hat, aber schon jede einzelne, in diesem Stadium aufgenommene Athemvolum-Curve giebt Zeugniss davon, denn sie zeigt, dass die für die normale Athmung charakteristische dauernde inspiratorische Entfernung des Thorax aus der Gleichgewichtslage nicht mehr vorhanden ist, dass der Thorax zwischen den einzelnen Inspirationen in die Cadaverstellung übergeht. Es handelt sich bei dieser beträchtlich verlangsamten Athmung, wenn sis als Folge starken Blutverlustes auftritt, um einen Collaps des Inspirations-Centrums, und sie wird deshalb die synkoptische Athmung genannt. Fig. 4 giebt in gedrängter Kürze eine Uebersicht von den wesentlichen Charakteren dieser synkoptischen Athmung. Dass die einzelne Inspiration, nachdem die Dauer der Athempause schon beträchtlich zugenommen hat, zeitweise zu grosser Tiefe gelangt, darf nicht als günstiges Zeichen betrachtet werden. Es ist dies ein Phaenomen, welches an das letzte Aufflackern der Athmung beim erstickenden Thier erinnert, welches von Falk,[1] Högyes[2] und S. Mayer[3] als „terminales Athmen" beschrieben ist.

---

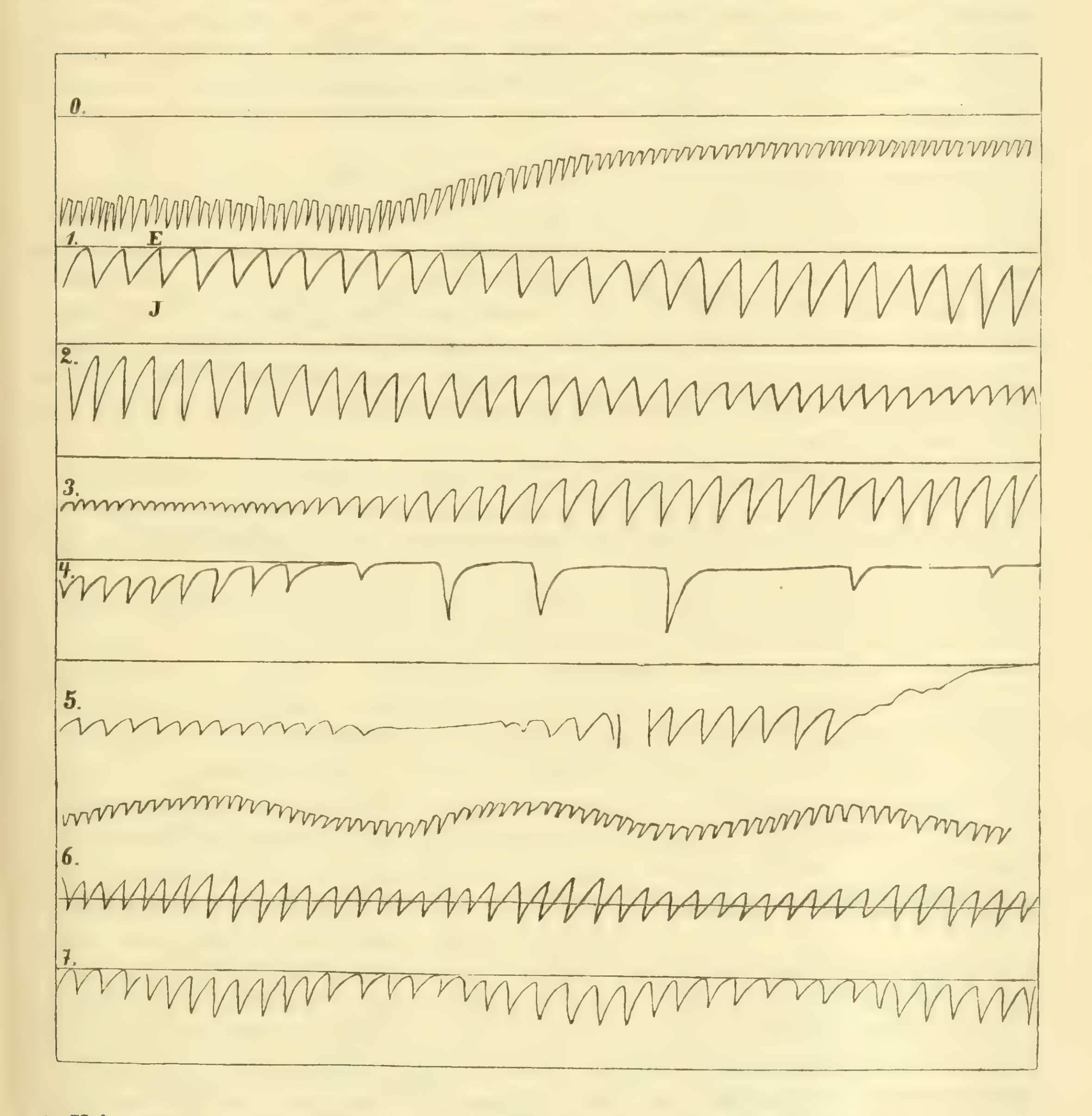
[1] Friedrich Falk, Ueber den Tod im Wasser. Virchow's *Archiv* u. s. w. Bd. XLVII. S. 39.

[2] A. Högyes, Experimentelle Beiträge über den Verlauf der Athmungsbewegungen während der Erstickung. *Archiv für experimentelle Pathologie.* Bd. V. S. 86.

[3] S. Mayer, Beitrag zur Kenntniss des Athemcentrums. *Prager Zeitschrift für Heilkunde.* Bd. IV. S. 187.

Der Erfolg einer bei entwickelter synkoptischer Athmung ausgeführten Transfusion körperwarmer 0·6 procentiger Kochsalzlösung ist zweifelhaft. Immerhin ist es Hrn. Holovtschiner einigemale gelungen, durch eine solche Transfusion, wenn sie nach dem scheinbar letzten Athemzuge ausgeführt wurde, kräftige pneumatorektische Athmung wiederherzustellen.

Zwischen die initiale und terminale haemorrhagische Dyspnoë (die pneumatorektische und die synkoptische) schiebt sich in nicht genau vorherzusagender Weise eine Athemform ein, welche von beiden sehr auffallend verschieden



1. Uebergang normaler Athmung durch Aderlass in pneumatorektische.
2. Uebergang pneumatorektischer Athmung nach Aderlass in hypokinetische.
3. Uebergang hypokinetischer Athmung durch Transfusion in pneumatorektische.
4. Tod bei synkoptischer Athmung.
5. Apnoë bei Transfusion und Ueberführung des Thorax in Cadaverstellung durch Stich in den Noeud vital.
6. Gleichzeitige Traube-Hering'sche Wellen des Blutdrucks und periodische Aenderung der respiratorischen Excursionsbreite des Thorax.
7. Periodisch-pneumatorektisches Athmen bei periodischer Aërophthorie.

ist. Dieselbe ist schon für die einfache Inspection charakterisirt durch die grosse Häufigkeit und Flachheit der Athemzüge. Ein wesentliches Kriterium für die Beurtheilung des Zustandes des Thieres bei dieser Athmung gewinnt man aber erst durch den Anblick einer Athemvolum-Curve, welcher lehrt, dass die gesammte Anstrengung des Inspirations-Apparates bei derselben nicht unbeträchtlich ist. Die Verbindungslinie der exspiratorischen Kuppen bei dieser Athmung verläuft nämlich weit tiefer, d. h. inspiratorisch weiter von der Gleichgewichtslinie des Thorax entfernt, als die exspiratorischen Kuppen vorher bei normaler oder pneumatorektischer Athmung. Da es sich also bei dieser Athmung nicht um einen allgemeinen Energiemangel des Inspirations-Apparates, sondern nur um eine Verkleinerung der Thoraxbewegungen handelt, nennen wir sie die hypokinetische. Fig. 2 zeigt einen Uebergang pneumatorektischer in hypokinetische Athmung.

Die hypokinetische Athemform ist allerdings unfähig, auf die Dauer das Leben zu unterhalten, aber sie ist selbst noch kein Symptom des Collapses. Zu Grunde gehen die Thiere durch Haemorrhagie stets unter den Erscheinungen synkoptischer Athmung. Die hypokinetische Athmung kann von selbst wieder in pneumatorektische übergehen, sie kann aber auch unmittelbar zu synkoptischer überleiten. Deshalb ist es gut zu wissen, dass eine Transfusion körperwarmer physiologischer Kochsalzlösung stark entwickeltes hypokinetisches Athmen sicher aufbessert, d. h. in pneumatorektische Dyspnoë überführt. Ein Beispiel hierfür veranschaulicht Fig. 3.

Die die Athmung aufbessernde Wirkung der Transfusion tritt ziemlich schnell ein, doch kann es natürlich vorkommen, dass die Athmung, wenn sie in hypokinetischer Verschlechterung begriffen war, darin während der ersten Zeit der Transfusion noch fortfährt. Ja, es kann auch vorkommen, dass man statt der erwarteten und bald auch sicher eintretenden Vertiefung der Athemzüge zunächst vollkommenen Athemstillstand zu sehen bekommt. Der erste Theil von Fig. 5 veranschaulicht einen solchen Fall und der zweite Theil enthält die Erklärung. Denn während dieses Theiles wurde die inzwischen pneumatorektisch gewordene Athmung durch einen Stich in den Noeud vital, der den Thorax sofort in Cadaverstellung überführt, unterbrochen. Die Tiefe' in welcher die Athem-Curve während des durch Transfusion herbeigeführten Athemstillstandes unter der der Cadaverstellung des Thorax entsprechenden Linie verläuft, beweist, dass es sich bei ersterem nicht um einen Collaps des Inspirations-Apparates gehandelt hat, sondern um eine ganz unbedenkliche Apnoë. Diese Apnoë ist ganz analog derjenigen, welche man beobachten kann, wenn man nach allmählicher Abklemmung der vier Hirnarterien den Blutzufluss zum Hirn plötzlich wieder freigiebt,[1] oder gelegentlich auch, wenn man einem Thiere, das aus sauerstoffarmem Raume geathmet hat, plötzlich atmosphaerische Luft bietet. Die Erklärung der Apnoë ist in allen diesen Fällen die, dass bei Herabsetzung der Erregbarkeit des Inspirations-Centrums und gleichzeitiger Erhöhung des Reizes die Athmung unterhalten worden war und dass dann die Reizgrösse schneller sinkt, als die Erregbarkeit sich heben kann, so dass für den zeitigen Zustand der Erregbarkeit die Reizgrösse nicht ausreicht, um Athembewegungen auszulösen. Abgesehen von dem theoretischen Interesse, welches

[1] Vergl. W. Filehne: *Ueber das Cheyne-Stokes'sche Athmungsphaenomen.* Erlangen 1874. S. 29. — J. Gad, *Ueber Apnoë* u. s. w. Würzburg 1880. S. 11.

die bei Transfusion gelegentlich eintretende Apnoë bietet, ist vom praktischen Gesichtspunkt aus wichtig, auf sie gefasst zu sein, um sich durch dieselbe nicht etwa im Handeln irre machen zu lassen.

Wenn nach ausgiebigem Aderlass mit darauf folgender Transfusion ein neuer Aderlass gemacht worden war, ist es mehrmals vorgekommen, dass gleichzeitig mit Traube-Hering'schen Wellen des Blutdruckes ein periodisches An- und Abschwellen der respiratorischen Excursionsbreite der Thorax eintrat (Fig. 6). Offenbar handelt es sich hierbei um die ersten Andeutungen des Cheyne-Stokes'schen Athemphaenomens. Vortragender hat in den von Hrn. Holovtschiner gesammelten Erfahrungen Nichts gefunden, was für die Filehne'sche Erklärung jenes Phaenomens ins Feld geführt werden könnte. Weder sind die zeitlichen Verhältnisse zwischen den Perioden des Blutdrucks- und der Athmungsänderungen derartig, noch auch die Athemform. Was letztere anlangt, so ist der Unterschied bemerkenswerth, welcher zwischen dem die Traube'schen Wellen begleitenden periodischen Athmen und periodischer Pneumatorexis besteht (Fig. 7). Letztere kann man leicht erzeugen, indem man das Thier abwechselnd aus O-armem Raum und aus atmosphaerischer Luft athmen lässt. Dabei tritt gleichzeitig mit periodischem Zu- und Abnehmen der Excursionsbreite des Thorax ein periodisches An- und Absteigen der Mittellinie, um welche diese Excursionen sich vollziehen, ein. Bei dem das Cheyne-Stokes'sche Phaenomen andeutenden Athmen bleibt diese Mittellinie constant. Es liegt also kein Grund vor, dasselbe auf eine periodische Aenderung der Reizgrösse und nicht auf eine periodische Aenderung in der Erregbarkeit des Inspirations-Centrums zu beziehen, welche mit einer periodischen Aenderung der Erregbarkeit des vasoconstrictorischen Centrums parallel geht.[1]

X. Sitzung am 26. März 1886.[2]

1. Hr. POHL-PINCUS hält seinen angekündigten Vortrag: „Bemerkungen über die Polarisations-Farben des menschlichen Kopfhaares."

Zu meinem früheren Vortrage über diesen Gegenstand füge ich zwei Bemerkungen auf eine Anregung hin, welche mir aus dem Kreise dieser Gesellschaft von autoritativer Seite gegeben worden ist:

Die erste betrifft die von mir gewählte Zusammenfassung der Objecte in drei Gruppen. Dem Physiologen liegt eine Zwei-Theilung näher: normal oder abnorm. Der Pathologe empfindet gleich Jenem zunächst die Nothwendigkeit, die Grenze zwischen Gesundem und Krankem festzustellen; diese Grenze meine ich durch die Figur *A* bezeichnet zu haben; abgesehen von den ersten drei Lebensjahren wird der Beobachter finden: wo die Wurzelknötchen des Haarausfalls die Polarisations-Farben der Figur *A* zeigen, da ist eine Irritation ausgeschlossen. Und ebenso glaube ich, die zweite nothwendige Grenzbestim-

[1] Vergl. O. Sokolow und B. Luchsinger, Zur Lehre von dem Cheyne-Stokes'schen Phaenomen. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXIII. S. 283.

[2] Ausgegeben am 15. Mai 1886.

mung getroffen zu haben: wo der Haarausfall die Farben der Figur *C* zeigt, da besteht immer eine Reizung. Allein zwischen diesen beiden festen Linien konnte ein Mittelgebiet nicht entbehrt werden, in welchem theils die Fälle schwacher Reizung, theils Fälle von besonderen Verhältnissen untergebracht würden. Wo die Haare über die mittlere Stärke hinausgehen, d. h. wo sie bei annähernder Cylinderform in der Mitte der ganzen Haarlänge 85 Mikromillimeter und darüber messen, da erhöhen sich in der Regel die Farben der Wurzelknötchen und Form *B* kann dann noch zur Norm gehören. Wo ferner bei Menschen mit mittlerer Schaftdicke (53 Mikr.) der von mir als zweites Stadium der Alopecie bezeichnete Zustand sich einstellt, bei welchem die Dicke des Haares abnimmt, da fallen an den zu diesen Haaren gehörigen Wurzelknötchen die Farben und es kann dann Form *B* schon eine stärkere Reizung ausdrücken. Bis zum 18. Lebensjahre bei beiden Geschlechtern, bei Frauen bis nach dem ersten Puerperium wächst im Ganzen die Schaft-Dicke etwas; mit dem Beginn des eigentlichen Greisen-Alters finden sich zwei Verhältnisse, die in einander entgegengesetztem Sinne wirken: Die beginnende Verdünnung des einen Theiles der Kopfhaare wirkt wie das zweite Stadium der gewöhnlichen Alopecie, die Farben herabsetzend, während das vorschreitende Ergrauen sie erhöht.

Alle diese Verhältnisse, welche in meinem Vortrage und der kleinen Schrift nicht angegeben, noch viel weniger eingehend erörtert werden konnten, nöthigten mich zur Aufstellung von drei Gruppen und sie wirkten auch bei der Abgrenzung dieser Gruppen mit.

Wenn man ein cylindrisches Object, dessen Einzel-Schichten von gleicher Beschaffenheit sind, im polarisirten Lichte betrachtet, so steigen naturgemäss die Farben vom Rande des Cylinders her nach der Mitte zu in einem bestimmten Verhältniss und es ist daher auch naturgemäss, dass man zur Vergleichung der Einzel-Objecte die höchste Farbe des centralen Streifens verwendet. So verfährt man, wenn es gilt, bei einem und demselben Individuum das Auf- und Niederschwanken eines Erregungszustandes oder eines Erkrankungsprocesses festzustellen, besonders so lange die Anzahl der ausfallenden Haare die Zahl 50 nicht übersteigt; die Anzahl der möglichen Kategorien (es handelt sich um die Stufenleiter von Gelb I bis Rosenroth III) ist zwar gross (15 bei Vernachlässigung der feineren Nüancirungen) — jedoch lehrt die Erfahrung, dass es sich thatsächlich in der Regel nur um 6 bis 8 handelt, bei welchen man immer noch die Uebersicht behält. Wächst jedoch der Haarausfall auf 75, 100 oder mehr, wächst somit auch die Zahl der wirklich vorhandenen verschiedenartigen centralen Streifen; kommt es ferner darauf an, eine grössere Anzahl von Individuen mit einander zu vergleichen und besonders darauf, wie es mein Wunsch sein musste, einen Ueberblick über die Gesammt-Erscheinungen zu geben, dann ist die Einordnung der Einzel-Objecte nach dem centralen Streifen wegen der grossen Anzahl der Kategorien nicht angängig: es mussten vielmehr entweder die centralen Streifen verschiedener Art zu einer Gruppe zusammengefasst oder es musste, wenn dies möglich war, der Maassstab von einer mehr peripheren Schicht genommen werden. Ich habe das Letztere gewählt, weil ich der Meinung bin, dass das beigegebene bestimmte Einzelbild der Erinnerung des Lesers sich fester einprägen wird, als eine mit Worten bezeichnete Gruppe verschiedener Farben. Ich charakterisire daher das Bild *C* nicht nach dem centralen Streifen als Orange II, sondern nach dem breiten Gesammtspiegel als Gelb II, und die höchsten Formen, welche vorkommen, nicht

nach dem centralen Grün III oder Rosenroth III, sondern nach dem breiten Spiegel: Dunkelroth II.

Hierzu wurde ich noch veranlasst durch den anatomischen Bau des Wurzelknötchens, dessen Abplattung bei entsprechender Lagerung auf den Objectträger bedingt, dass die höchste Farbe verhältnissmässig nahe am Rande auftritt und in vielen Fällen $^3/_5$ des Bildes und mehr einnimmt. Ferner durch Rücksichtnahme auf verschiedene praktische Verhältnisse, die ich hier nicht weiter anführe.

Ich weiss sehr wohl, dass, wenn bei diesem Maassstab die Uebersicht erleichtert wird, doch zugleich die feinere Abstufung der Erkenntniss Einbusse erfährt. Ich halte jedoch, wenn es gilt, zunächst die Anwendung einer Untersuchungsmethode zu empfehlen, das zweite Uebel für das kleinere.

Jede systematische Eintheilung enthält eine Beimischung von Subjectivem; es müssen einestheils Compromisse geschlossen und andererseits sollen gewisse Zielpunkte für die weitere Untersuchung, welche der Beobachter durchaus nicht opfern will, festgehalten werden. Sollte ein anderes Auge die Grenzen zwischen den einzelnen Gruppen anders ziehen, als ich es gethan habe, so werde ich, wie ich glaube, in der Lage sein, die Gründe hierfür ohne Voreingenommenheit zu prüfen.

Der zweite Punkt betrifft die Frage, ob in allen Fällen mit dem Fortfall der Ursachen, welche die Farben in die Höhe getrieben haben, wiederum eine Rückkehr zur Norm eintritt oder nicht.

Zur Antwort will ich nur auf ein bestimmtes Verhältniss hinweisen, mit Rücksicht auf welches auch die Beispiele in der kleinen Schrift ausgewählt sind:

Wenn eine einzige Ursache eine starke und andauernde Erregung herbeiführte, so trat selbst nach verhältnissmässig langer Zeit Restituirung ein. Wenn jedoch, wie in der Regel, gleichzeitig mehrere Schädlichkeiten vorlagen (körperliche Erkrankung, geistige Ueberanstrengung, tiefgehende Gemüthsbewegungen), so erfolgte, sofern die Ursachen erst nach mehreren Jahren fortfielen, keine Restituirung; nach kürzerem Zeitraum wohl, sobald ein Gefühl nennenswerther Erholung sich bemerkbar machte und zwar um so schneller, je jünger oder zarter das Individuum war; beim Knaben oder Schwächlichen in so vielen Tagen als in Wochen beim kräftig constituirten Manne.

2. Hr. POHL-PINCUS spricht dann „Ueber die Einwirkung starker elektrischer Reizung der Haut des Frosches auf das Herz desselben und über den Einfluss des N. vagus auf die hierdurch herbeigeführten Zustände."

Versuch: Einem kräftigen Frosch wird das Vorderhirn abgetrennt oder zerstört; bei grösserer Blutung: Tampon. Der Thorax über dem Herzen wird gefenstert. Es wird abgewartet, bis die Volum-Differenz zwischen Systole und Diastole erheblich wird und das Herz in der Systole sich gleichmässig und energisch contrahirt.

Nun wird (etwa 4 Secunden lang) ein starker elektrischer Strom mittels Nadeln auf die Haut eines Schenkels geleitet, so dass der Frosch stark zuckt.

Das Herz, welches normalerweise in der Diastole gleichmässig dunkel erscheinen soll, sieht nun in der Diastole schachbrettartig weiss- und dunkelroth-marmorirt aus.

Diese Marmorirung kann bis zum Tode bestehen bleiben oder allmählich schwinden. Ist sie geschwunden, so ruft eine neue elektrische Reizung sie wiederum hervor.

Wird die erste elektrische Reizung etwas verlängert oder wird eine zweite elektrische Reizung der Haut eingeleitet, bevor eine völlige Erholung von der ersten eingetreten ist, so tritt eine zweite Erscheinung ein: Die Diastole des Herzens zerfällt in zwei gesonderte Momente. Erstes Moment: Erschlaffung des Ventrikels bis zu einer gewissen Ausdehnung, während zugleich eine schwache Marmorirung der Oberfläche sich bemerkbar macht; ganz kurze Pause; dann zweites Moment: stärkere Erweiterung des Ventrikels unter Zunahme der Marmorirung bis zur schachbrettartigen Zeichnung. Gleichzeitig mit dem zweiten Moment: Contraction des Vorhofes.

Es ist somit eines der am festesten gefügten Verhältnisse des Organismus: das geeignete Ineinandergreifen zwischen Vorhof und Ventrikel, gestört.

Es entstand die Frage, ob der Organismus Mittel habe, der Marmorirung (d. h. nach meiner Auffassung: Der Contractur der Blutgefäss-Spalten) und der Zweitheilung der Diastole entgegenzuwirken?

Der Versuch zeigt, dass beide Abnormitäten schwinden, wenn es gelingt, durch Reizung des Vagus (z. B. durch schwache elektrische Reizung des Sehnen-Streifens am Herzen) einen kurzdauernden diastolischen Stillstand des Herzens herbeizuführen.

Ob beim „Shock" der Chirurgen am Herzen des Menschen Verhältnisse vorliegen, welche den oben geschilderten des Frosches entsprechen, bleibt zu untersuchen.

3. Hr. BIONDI (aus Neapel) spricht: „Ueber Zwischenkiefer und Lippenkiefer-Gaumenspalte."

Von Alters her haben die Anatomen die Existenz je eines Zwischenkiefers für jede Gesichtshälfte angenommen. Embryonal sollten diese sich entwickeln aus den inneren Stirnfortsätzen, die mit beiden Oberkieferfortsätzen die Oberlippe und Oberkieferregion bildeten. Auf dieser Anschauung fussend, haben schon seit Goethe die Chirurgen angenommen, dass die als Hasenscharte bezeichnete Missbildung entwickelungsgeschichtlich als eine mangelhafte Verwachsung zwischen innerem Stirnfortsatz und Oberkieferfortsatz aufzufassen sei, dass also bei dieser Missbildung der Zwischenkieferknochen vom Oberkieferknochen getrennt bleibe. Bei doppelter Hasenscharte, welche gewöhnlich mit Kiefergaumenspalte verbunden ist, wäre der mittlere Bürzel von beiden Zwischenkieferknochen gebildet.

Diese anatomischen, embryologischen und chirurgischen Kenntnisse galten bis zum Jahre 1879, wo dieselben einer völligen Umwälzung unterlagen durch verschiedene Arbeiten von Prof. P. Albrecht.

Folgendes waren die neuen von Albrecht verfochtenen Sätze:

1. Die Oberlippe und Oberkieferregion entsteht jederseits nicht aus 2, sondern aus 3 Fortsätzen. Ausser den inneren Stirnfortsätzen und den Oberkieferfortsätzen nehmen an der Oberkieferregion und Oberlippenbildung auch noch die äusseren Stirnfortsätze Theil.
2. Die Zwischenkieferknochen sind der Zahl nach nicht 2, sondern 4, nämlich auf jeder Seite 2, ein innerer und ein äusserer. Aus den 3

Gesichtsfortsätzen jeder Seite entwickeln sich also 3 Knochen; der Oberkieferfortsatz entwickelt den Oberkieferknochen, der äussere Stirnfortsatz den äusseren Zwischenkiefer, der innere Stirnfortsatz den inneren Zwischenkiefer.

3. Die Goethe'sche Theorie ist falsch: die Spalte bei der Hasenscharte liegt nicht zwischen Oberkieferfortsatz und innerem Stirnfortsatz nicht zwischen Oberkieferknochen und Zwischenkiefer, sondern zwischen äusserem Stirnfortsatz und innerem Stirnfortsatz, d. i. zwischen äusserem und innerem Zwischenkiefer. — Die Goethe'sche Theorie ist nach Albrecht falsch, weil sich nach aussen von der Spalte immer ein Schneidezahn findet, und manchmal auch die Sutura incisiva, d. h. diejenige Naht, durch welche nach Goethe die Spalte gehen müsste. — Die Satura interinciva übrigens, die man auch manchmal am Gaumengewölbe findet, spricht eben für die Existenz zweier Zwischenkieferknochen auf jeder Seite.

Diese Anschauung veranlasste viele Controversen. Bemerkenswerth sind vor allem die Untersuchungen von Theodor Kölliker. Als Hauptpunkte seiner Arbeit verdienen folgende hervorgehoben zu werden:

1. An der Bildung der Oberlippen- und Oberkieferregion nehmen Theil nur die Oberkiefer- und inneren Stirnfortsätze. Die beiden äusseren Stirnfortsätze geben nicht, wie Albrecht meint, den dritten Theil der Oberlippen, sondern die Nasenflügel.
2. Die Zwischenkieferknochen sind nicht 4, sondern 2. Jeder hat einen Ossificationspunkt; die Satura interincisiva, zuerst von Albrecht beschrieben, dann von Meyer, Romiti und Turner bestätigt, ist nicht eine Naht, sondern eine Gefässfurche.
3. Die Goethe'sche Theorie ist wörtlich zutreffend: die Spalte bei der Hasenscharte liegt zwischen Oberkieferknochen und Zwischenkiefer. — Das Vorhandensein eines Schneidezahnes nach aussen von der Spalte ist inconstant, zufällig.

Eine Reihe von Untersuchungen, welche ich im hiesigen anatomischen Institute ausgeführt habe, setzt mich in die Lage zur Lösung dieser Fragen einen Beitrag zu liefern. Hrn. Prof. Waldeyer und Hrn. Dr. H. Virchow, welche mir auf mannigfache Weise meine Arbeit erleichtert haben, spreche ich hiermit herzlichen Dank aus.

Wie Albrecht und Th. Kölliker habe ich meine Studien an menschlichen und thierischen Missbildungen, an menschlichen und thierischen normalen Schädeln und an Embryonen ausgeführt.

Was zuerst die Missbildungen anlangt, so haben mir zahlreiche menschliche und thierische Hasenscharten die Constanz der Albrecht'schen Beobachtungen gezeigt. Die Spalte lag immer zwischen äusserem und innerem Zwischenkiefer. Nach aussen war ein Schneidezahn mit dem entsprechenden Theile von Zwischenkieferknochen, während nach innen der innere Zwischenkiefer mit 1 oder 2 Schneidezähnen sich vorfand.

Nach aussen von der Spalte war in drei Fällen deutlich die Sutura incisiva vorhanden. Die Spalte liegt zwischen den Zwischenkiefern. (Die drei Praeparate, die Hr. Dr. Biondi aus der grossen Schädelsammlung des Hrn.

Prof. Schütz herausgesucht hat, mit den dazu gehörigen Zeichnungen, werden vorgelegt.)

Wie aus diesen Praeparaten (Zwischenkieferknochen) und Zeichnungen hervorgeht, hat der Zwischenkiefer des erwachsenen Säugethieres ungefähr die Form eines nach vorn mehr oder minder zugespitzten Bogens mit einem Körper und zwei nach hinten gerichteten Schenkeln, Processus nasalis und Processus palatinus. Die Spalte geht zwischen diesen beiden Fortsätzen hindurch, die in dem vorgelegten Schema der Deutlichkeit halber mit zwei Farben gezeichnet sind. Beim Menschen sind die beiden genannten Theile des Zwischenkiefers noch vorhanden, aber bei dem geringeren Grade von Prognathie ist der ganze Knochen, besonders der Theil, welcher dem Gaumenschenkel entspricht, erheblich verkürzt.

Bei jungen Wiederkäuern sind diese beiden Theile des Zwischenkiefers durch eine sehr dünne Knochenbrücke vereinigt, und zwischen ihnen findet sich manchmal eine frontale Naht, die die ehemalige Trennung zwischen diesen Theilen andeutet. (Ein solch kostbares Praeparat [Antilope Saiga], welches Hr. Dr. Biondi in der Sammlung der Landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin aufgefunden hat, wird vorgelegt.)

Die Studien am Schädel von neugeborenen und erwachsenen Menschen haben mir in der Mehrzahl der Fälle das Vorhandensein der incisiven und interincisiven Nähte gezeigt. Ausser diesen Nähten, die Albrecht auch Sutura mesoëxognathica und endomesognathica genannt hat, fand ich noch eine weitere, wie es scheint, bis jetzt unbekanute Naht, die den äusseren Zwischenkiefer vom inneren frontal trennt. Diese Naht entspricht derselben, die wir bei der Antilope Saiga schon gesehen haben. — Ohne mich lange bei der Beschreibung dieser Nähte aufzuhalten, werde ich mich beschränken, drei Schemata zu zeigen, welche die Gaumennähte nach Goethe, Albrecht und nach meinen Studien zeigen.

Drei andere Schemata zeigen dann die Spalte bei doppelter Hasenscharte nach Goethe, nach Albrecht und nach mir.

Diese Nähte theilen den Zwischenkiefer jeder Seite nicht in einen inneren und äusseren, wie Albrecht behauptet, sondern in einen vorderen äusseren und in einen hinteren inneren Zwischenkiefer. Diese Ergebnisse geben, wie es scheint, auch die Erklärung, warum kein Anatom bis jetzt weder an thierischen noch an menschlichen Schädeln eine Naht oder Spur davon an der Gesichtsfläche gefunden hat, wo eine solche, wenn die Albrecht'sche Auffassung richtig wäre, gefunden werden müsste.

Wie aus Schema, Zeichnung und Praeparat hervorgeht, werden die knöchernen Ränder der Schneidezahnalveolen gebildet zur Hälfte von dem einen, zur Hälfte von dem anderen Zwischenkiefer.

Was die embryonale Bildung der Oberlippe anlangt, so zeigten mir zwei vorzüglich erhaltene menschliche Embryonen, deren Gesicht ich in Photographie, bezw. Zeichnung hier vorlege, dass die Oberlippe aus vier Theilen besteht. An der Bildung derselben participiren nur die inneren Stirnfortsätze und die Oberkieferfortsätze. Die äusseren Stirnfortsätze nehmen keinen Antheil, sie bilden nicht die mittlere Partie der Oberlippe (einer Seite), sondern die Nasenflügel.

Zwei meiner Schemata zeigen die Bildung der Oberlippe nach Albrecht. Albrecht meint, dass dieselbe aus sechs Theilen bestehe, während nach den Untersuchungen von His und A. Köllicker, welche durch die meinigen be-

stätigt werden, dieselbe nur aus vier Theilen besteht. — So kommt es, dass Albrecht die Spalte der Hasenscharte zwischen inneren und äusseren Stirnfortsatz verlegt, während sie in Wirklichkeit zwischen innerem Stirnfortsatz und Oberkieferfortsatz liegt. — Die Serienschnitte von den Embryonen, von welchen die Photographien vorgelegt wurden, zeigen die vollständige Verwachsung von Oberkieferfortsatz mit innerem Stirnfortsatz, ohne Dazwischentreten des äusseren Stirnfortsatzes.

Dies zeigt sehr schön auch eine Missbildung, welche vor Kurzem auf der hiesigen Frauenklinik zur Beobachtung kam. Ich bin durch die grosse Liebenswürdigkeit des Prof. Schröder in der glücklichen Lage, die Photographien von derselben vorzuzeigen. Oberlippe und Oberkieferregion sind vollständig entwickelt, während die äusseren Stirnfortsätze, die die Nasenflügel geben müssten, aussen stehen geblieben sind. Wie man sieht, handelt es sich um eine beiderseitige Spalte des Nasenflügels.

An zahlreichen Embryonen von Schaf und Schwein zeigte sich (auf Horizontalschnitten parallel dem Gaumen; die betreffenden Serien von mikroskopischen Praeparaten wurden vorgelegt), dass der Zwischenkiefer aus zwei anfangs völlig getrennten Ossificationspunkten sich entwickelt, von denen der laterale die Anlage des Processus nasalis, der mediale die des Processus palatinus darstellt. Der grösste Theil des vorderen Bogenstückes oder Körpers gehört ebenfalls dem lateralen Ossificationscentrum an.

Das Ossificationscentrum des Processus palatinus gehört dem embryonalen mittleren oder inneren Stirnfortsatz an, während das Bogenstück nebst dem Processus nasalis seinen Knochenkern im Oberkieferfortsatze liegen hat. Wir können somit embryologisch zwei Zwischenkiefer unterscheiden, von denen der erste dem Oberkieferfortsatze, der zweite dem inneren Stirnfortsatze angehört.

Wie man an den Praeparaten, Abbildungen und dem einen Schema sieht, sind die beiden Zwischenkiefer jeder Seite nicht ein äusserer und ein innerer, sondern ein vorderer-äusserer und ein hinterer-innerer, deshalb ist die Albrecht'sche Nomenclatur nicht mehr brauchbar. Anstatt von einem inneren Zwischenkiefer oder Endognathion und äusseren Zwischenkiefer oder Mesognathion, wie Albrecht vorschlägt, scheint es mir, dass man von einem vorderen-äusseren und hinteren-inneren Zwischenkiefer sprechen muss; oder besser, um an die verschiedene Genese beider Knochen zu erinnern, können wir vielleicht von einem metopogenen und einem gnathogenen Zwischenkiefer sprechen. Der metopogene Zwischenkiefer ist derjenige, welcher sich von dem mittleren Stirnfortsatze entwickelt, der gnathogene der, welcher sich von dem Oberkieferfortsatze entwickelt. Diese Namen klingen vielleicht schwerfällig; indessen ist es nothwendig, um weitere Verwirrung zu vermeiden, Ausdrücke zu wählen, welche deutlich an die Genese der beiden Knochen erinnern, und welche nicht die falschen Vorstellungen, die den alten Namen zu Grunde lagen, begünstigen.

Der Ossificationspunkt des gnathogenen Zwischenkiefers erscheint früher als der des metopogenen Zwischenkiefers. Die Entwickelung des gnathogenen Zwischenkiefers geht auch rascher vor sich als die des metopogenen, insofern man an einem und demselben Embryo die Anlage des ersteren auf zahlreichen Schnitten einer Serie wahrnimmt, während die des metopogenen Zwischenkiefers, welche ausserordentlich dünn ist, nur an 4—5 Schnitten zu sehen ist. Auf nicht ganz horizontalen oder dickeren Schnitten kann man leicht die Andeutung

des metopogenen Zwischenkiefers übersehen. Ebenso ist auch auf Frontalschnitten die Trennung zwischen beiden Zwischenkiefern nicht zu sehen, weil, wie oben erwähnt, die Trennungslinie nicht sagittal, sondern frontal verläuft.

Der gnathogene Zwischenkiefer beginnt am vorderen medialen Ende des Oberkieferfortsatzes zu ossificiren, während die erste Anlage des metopogenen Zwischenkiefers an der inneren Seite des Jacobson'schen Organes zu sehen ist; lateral von dieser Anlage erscheint der Jacobson'sche Knorpel, medial die Anlage der Gegenseite.

Der gnathogene Zwischenkiefer erscheint stets als primärer Knochen, ohne knorpeliges Vorstadium; für die Anlage des metopogenen Zwischenkiefers ist zu bemerken, dass er mit jungem fast nur aus Zellen bestehendem Knorpel noch grosse Aehnlichkeit hat.

In den Sammlungen des anatomischen Instituts der Thierarzneischule und der Landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin, welche mir von den Hrn. Directoren Prof. Müller und Nehring freundlichst zur Disposition gestellt wurden, fand ich 8 Schädel von Canis familiaris verschiedener Racen mit je 7 Schneidezähnen (statt 6), 7 Pferdeschädel mit 8 Schneidezähnen (statt 6, drei Beispiele davon wurden vorgelegt). Alle diese überzähligen Schneidezähne gehörten dem Oberkiefer an. Es scheint sonach, dass die Zahl der Schneidezähne keine bestimmte ist, und wir können daher eine Ueberzahl derselben bei Missbildung wohl begreiflich finden.

Ob das häufige Vorkommen überzähliger Schneidezähne bei Hasenscharte zurückzuführen ist auf atavistische Ursachen, lässt sich bis jetzt nicht entscheiden.

Auf Grund der hier ausgeführten und noch weiterer Befunde kann ich folgende Sätze aufstellen:

1. Die Oberlippe besteht aus 4 Theilen. An ihrer Bildung betheiligen sich die Oberkieferfortsätze und die inneren Stirnfortsätze, während die äusseren die Nasenflügel geben.
2. Der Oberkieferrand jeder Seite besteht aus drei Knochen: dem Oberkieferknochen und den beiden Zwischenkiefern.
3. Die drei Verknöcherungspunkte dieser 3 Knochen entstehen nicht, wie bis jetzt angenommen wurde, aus je einem der 3 Gesichtsfortsätze (innerem und äusserem Stirnfortsatz und Oberkieferfortsatz und einer aus dem inneren Stirnfortsatze.
4. Von den beiden Zwischenkiefern jeder Seite entsteht der eine aus dem Oberkieferfortsatze (deshalb gnathogener Zwischenkiefer genannt), der andere aus dem inneren Stirnfortsatze (deshalb metopogener Zwischenkiefer genannt).
5. Ausser den bekannten Nähten finden wir an dem Gaumengewölbe noch eine Naht, die durch die Alveolen der Schneidezähne hindurchgeht (deshalb Sutura intraalveolaris genannt).
6. Die Schneidezähne kommen nur im Bereiche der Zwischenkiefer vor. Von beiden Zwischenkiefern giebt der metopogene die hintere Hälfte der Alveolen, der gnathogene die vordere.
7. Die Spalte bei der Hasenscharte liegt, wenn wir die Gesichtsfortsätze in Betracht ziehen, stets zwischen Oberkieferfortsatz und

innerem Stirnfortsatze; ziehen wir dagegen die Knochen heran, zwischen gnathogenem und metopogenem Zwischenkiefer.

8. Nach aussen von der Spalte findet man den gnathogenen Zwischenkiefer mit einem Schneidezahn; während nach innen von derselben der metopogene mit 1 oder 2 Schneidezähnen liegt.

XI. Sitzung am 9. April 1886.[1]

Hr. GOLDSCHEIDER spricht: „Ueber die specifische Wirkung des Menthols auf die Temperatur-Nerven."

Das Menthol hat unter der Form des „Migränestiftes" Popularität erlangt, und es ist bekannt, dass, wenn man mit demselben die Stirn bestreicht, nach kurzer Zeit ein lange anhaltendes Kältegefühl dort entsteht. Es herrscht im Allgemeinen die Vorstellung, dass dieses einer objectiven Abkühlung der Haut, durch Abdunstung des Menthols, seinen Ursprung verdankt. Dies liegt um so näher, als der eigenthümliche Geruch und die beissende Empfindung in den Augen eine Verflüchtigung des Menthols anzeigt. Ich habe nun gefunden, dass dieses Kältegefühl lediglich durch eine directe chemische Erregung der Kältenerven zu Stande kommt.

Der Beweis hierfür ist in folgenden Beobachtungen gelegen: 1. An einer umschriebenen Stelle der Haut wird die locale Hauttemperatur gemessen. Sodann wird Menthol eingerieben und das Thermometer wieder applicirt. Nach einigen Secunden aber bemerkt man keineswegs ein Sinken des Thermometers, sondern vielmehr ein Steigen. Letzteres dürfte durch das Einreiben als solches veranlasst sein, denn Parallel-Versuche mit Einreibung von Menthol-Lanolin und blossem Lanolin ergaben beiderseits eine Temperatur-Erhöhung von 1—2° C.

Beispiel: An der Vola des linken Unterarmes wird eine Zehnpfennigstück grosse Stelle umschrieben. Temperatur 30·7° C. Menthol-Lanolin eingerieben. Sofort wieder das Thermometer applicirt. Dasselbe steigt schnell über die alte Grenze hinaus; als es bei 31·6° C. angelangt ist, entsteht eine immer wachsende Kälteempfindung. Während dessen steigt das Quecksilber weiter, um bei 32·6° C. einzuhalten; $^1/_4$ Stunde später misst die Stelle 30·5° C.

2. Mit der Kälteempfindung ist zugleich eine wirkliche Hyperaesthesie für Kältereize vorhanden. Dinge, welche sonst ein indifferentes oder ein ganz schwaches kühles Gefühl verursachen, erregen an der menschlichen Haut starke Kälteempfindungen, z. B. der eigenen Finger. Stärker Wärme ableitende Gegenstände, wie Metall erwecken eine höchst intensive Kälteempfindung, welcher nach dem Entfernen des Reizes eine lange dauernde Nachempfindung folgt.

Diese Hyperaesthesie lässt sich messbar nachweisen durch die Erhöhung der Kälte-Reizschwelle sowie durch die für gegebene Kältereize gesteigerte Empfindungs-Intensität.

Beispiel: An der Stirn werden zwei entsprechend liegende Stellen rechts und links geprüft, sodann die rechte mit Menthol-Lanolin eingerieben. Zur Prüfung wird ein Reagensglas benutzt, welches etwas Wasser und ein bis auf den Boden reichendes Thermometer enthält.

[1] Ausgegeben am 15. Mai 1886.

Reiz-Temper. C.	Rechts	Links
30°	Indifferent.	
29·5°	Eben merkliche Kühle.	
29°	Ziemlich deutliche Kühle.	Noch deutlichere Kühle als rechts.
	Menthol-Lanolin eingerieben.	
31°	Eben merkliche Kühle.	Indifferent.
30°	Deutliche Kühle.	Indifferent.
29°	Starke Kälte.	Ziemlich deutliche Kühle.

Die Erhöhung der Kältereizschwelle hängt natürlich lediglich von der durch die Reibung gesteigerten Eigentemperatur ab. Dagegen kann die nebenher bestehende grosse Empfindlichkeit — welche sich im Beispiel darin documentirt, dass ein 2° C. unter der Reizwelle gelegener Kältereiz eine „starke Kälteempfindung“ erzeugt — nur auf einen gesteigerten Erregbarkeitszustand bezogen werden.

Ein weiterer Beweis des bestehenden hyperaesthetischen Zustandes liegt in folgender Versuchsanordnung: Die Temperatur-Empfindlichkeit zeigt, wie ich früher nachgewiesen habe, bedeutende locale Verschiedenheiten; dieselben lassen an einer grossen Anzahl von Stellen eine gewisse Constanz erkennen und man kann letztere geradezu in einer Art von Scala gruppiren, wie ich dies auch um den Temperatursinn bei Nervenkranken zu untersuchen, ausgeführt habe. So wird man z. B. einen beliebigen Kältreiz stets an der Glabella schwächer als in der Mittellinie der Stirn, in dieser schwächer als über der Mitte der Augenbraue, hier wieder schwächer als am Canthus externus des Auges empfinden u. s. w. Reibt man nun in eine schwächer empfindende Stelle Menthol ein, so kann man sich überzeugen, dass dieselbe jetzt einen höheren Rang in der Scala einnimmt; die Glabella z. B. nahm dabei eine solche Kälte-Empfindlichkeit an, dass Kältereize von ihr ebenso stark empfunden wurden als über der Mitte der Augenbraue. Durch die blosse Erhöhung der Eigentemperatur um 1—2° C. kann eine derartige Veränderung nach meinen sonstigen Erfahrungen aber nicht bedingt sein.

Die erregende Kraft des Menthols ist so gross, dass sie im Stande ist, künstlich unempfindlich gemachte Kältenerven zur normalen oder übernormalen Empfindlichkeit zurückzuführen. Es gelingt durch Einreiben 5procentiger Carbolsäure leicht die Haut gegen Temperaturreize unempfindlich zu machen. Die Versuchsanordnung war folgende: Der dicht über die Augenbraue liegende Theil der Stirn ist kälteempfindlicher als der obere Theil derselben. Es wird nun gegen die rechte Stirnhälfte ein mit 5procentiger Carbolsäure getränkter Wattebausch gepresst, bis ein Metall-Cylinder von etwa 15° Temperatur an der oberen Hälfte gar nicht, an der unteren schwach kühl wahrgenommen wird. Jetzt wird in die obere Hälfte Menthol eingestrichen. Nach etwa 3 Minuten erweckt der Cylinder auf dem mentholisirten Gebiet eine merkliche Kälte-Empfindung; dieselbe wird schnell stärker, und 1 Minute später ist sie sehr intensiv, während der untere Theil der Stirn, welcher nicht mentholisirt war, immer noch eiue schwache Kälte-Empfindung giebt.

Ist die Haut aber dadurch unempfindlich für Kälte geworden, dass die Leitung in den Nervenstämmen beeinträchtigt ist, so wird diese Unempfindlichkeit durch Menthol nicht gehoben. Die Störung der Leitung kann man in ausgezeichneter Weise durch Cocain herbeiführen. Injicirt man solches (in 5—10procentiger Lösung) subcutan in der Nähe stärkerer sensibler Nervenstämmchen, so tritt nicht bloss in loco, sondern über das ganze Ausbreitungsgebiet hin eine Herabsetzung der Sensibilität ein. Diese äussert sich für den Temperatursinn stärker, als für den Druck- und Schmerzsinn.

Beispiel: Am linken Unterarm wird an einer geeigneten Stelle eine Cocain-Injection gemacht. Sehr bald entwickelt sich über ein grosses Gebiet hin eine absolute Anaesthesie für Temperaturreize. Die Gestalt desselben ist elliptisch, parallel der Längsaxe des Gliedes; die oberste Stelle desselben nimmt der Ort der Injection ein. Innerhalb des Gebietes wird Menthol eingerieben. Es erfolgt keine Restitution der Kälte-Empfindlichkeit bis zum Ablauf der Cocain-Erscheinungen.

Macht man den Versuch umgekehrt (erst Menthol, dann Cocain), so verschwindet das starke Kältegefühl unmittelbar nach der Injection des Cocains.

Das Menthol bringt die Kältenerven in einen Zustand, welcher demjenigen der Abkühlung geradezu entgegengesetzt ist. Bei letzterer nämlich ist nicht bloss die Reizschwelle erniedrigt, sondern auch die Erregbarkeit direct herabgesetzt. Ein kalter Gegenstand erscheint auf der abgekühlten Haut weniger kalt als auf der normalen. Man kann dies Verhältniss gleichsam *ad oculos* demonstriren in folgender Weise: Die eine Stirnhälfte wird mentholisirt. Ein Finger wird sodann in Wasser von 15° gehalten, bis er dasselbe nicht mehr kalt fühlt. Hält man jetzt den schnell abgetrockneten Finger gegen die normale Stirnhälfte, so hat man ein starkes Kältegefühl — gegen die mentholisirte Hälfte, ein noch stärkeres — taucht man ihn in das Wasser, gar keines. Die Verschiedenheit der Zustände der abgekühlten und der mentholisirten Haut geht hieraus deutlich hervor.

3. Man kann schliesslich die Vorstellung einer Verdunstungskälte noch dadurch abfertigen, dass man die Verdunstung aufhebt. Wenn man Menthol-Lanolin in eine Stelle der Wange einreibt und dann schnell mit einem fest in die Haut eingedrückten Uhrglas bedeckt, so entwickelt sich unter demselben Kältegefühl. — Wenn man eine breite Korkscheibe, welche in der Mitte mit etwas Menthol-Lanolin bestrichen ist, fest gegen die Stirn drückt, so entsteht ebenfalls Kälte-Empfindung. Besonders beweiskräftig erscheint mir folgende Versuchsanordnung: Ich hielt gummirten Stoff, welcher in der Mitte mit Menthol-Lanolin bestrichen war, gegen die Fossa canina meines Gesichts. Während nun das Auge nichts von einer beissenden Empfindung hatte, entwickelte sich an der bedeckten Stelle Kältegefühl; sobald der gummirte Stoff abgenommen wurde, trat Stechen im Auge auf, als Zeichen der jetzt erst beginnenden Abdunstung. Allerdings ist das Kältegefühl bei derartigen Versuchen nie sehr stark, dies kommt jedoch daher, dass für die Mentholwirkung das Eindringen in die Poren durch Verreibung wesentlich ist, was bei blossem Pressen nicht so erreicht wird.

4. Zugleich mit dem Kältegefühl tritt auch ein Stechen, Prickeln, Brennen, kurz eine Sensation der Gefühlsnerven auf. Diese ist an sehr empfindlichen Theilen so erheblich, dass sie schmerzhaft wird. Mentholisirt man eine durch Berührung mit Eis kälte-anaesthetisch gemachte Stelle der Stirn, so fehlt die

Kälte-Sensation zunächst ganz und man hat bloss eine solche der Gefühlsnerven. Diese Sensation kann nur durch eine chemische Reizung bedingt sein und es ist daher kein Grund, eine solche für die Kältenerven abzulehnen.

Eine absolute Gewissheit hierüber giebt nun aber der Umstand, dass das Menthol auch auf die Wärmenerven erregend wirkt. Man kann dies nur an solchen Stellen nachweisen, welche eine exquisite Wärme-Empfindlichkeit besitzen. Am geeignetsten erscheinen mir die Augenlider sowie die Vola des Unterarms unter dem Cubitalgelenk. An solchen Stellen bemerkt man nach Mentholisirung ein deutliches Hitzegefühl, mit Kälte wechselnd oder auch allein vorherrschend. Auch ist es möglich eine Hyperaesthesie für Wärmereize nachzuweisen.

Beispiel: An der Vola des Unterarms werden zwei Kreise umzeichnet, A und B. Beide sind sehr wärme-empfindlich, A jedoch mehr als B. Nun wird in B Menthol-Lanolin eingerieben. Nach einiger Zeit — es dauert am Arm länger als an der Stirn — eine warme, sich immer mehr steigernde Sensation. Zugleich erregt der erwärmte Cylinder, ob stark ob schwach warm, in B eine stärkere Wärme-Empfindung als in A. Der Unterschied wird schliesslich so deutlich, dass derselbe Cylinder, welcher in A ein einfach warmes Gefühl giebt, in B eine schwellende heisse Empfindung erregt.

Immerhin ist mir dieser Versuch nur selten gelungen und das gewöhnliche Verhalten ist so, dass man die Wärme-Empfindlichkeit bald nach der Mentholisirung unverändert oder vermindert findet, während noch die Kälte-Hyperaesthesie besteht.

Eine Erhöhung der Druck- und Schmerzempfindlichkeit habe ich nicht bemerkt. Der schliessliche Ausgang der Menthol-Application ist eine Herabsetzung der Empfindlichkeit: Temperaturreize werden sehr schwach oder gar nicht mehr empfunden, die Druck- und Schmerzempfindlichkeit wird vermindert, aber nicht aufgehoben.

Menthol erregt sonach die Hauptsinnesnerven, um sie dann zu lähmen. Seine erregende Wirkung hat eine ganz besondere Affinität zu den Kältenerven, weit weniger zu den Wärmenerven.[1] Diese Thatsache giebt einen neuen Beweis für die gesonderte Existenz Kälte- und Wärmeleitender Nerven.

Es erwächst aus dem Verhalten des Menthols ein gewisses Verständniss für die chemisch-elective Wirkung der Geruchs- und Geschmacksreize. Das Gesetz der specifischen Energien verlangt hier, das gewisse chemische Stoffe nur die einen, gewisse andere nur die anderen Nervenfasern erregen. Hierzu ist eine Art von chemischer Differenzirung der Nervenendigungen bez. der mit ihnen zusammenhängenden Gebilde erforderlich. Wie man sieht, findet dies sein Analogon, wenn auch ein nicht ganz vollkommenes, in der besonderen Affinität des Menthols zu den Kältenerven-Endigungen.

Uebrigens steht diese Unabhängigkeit der Kältenerven von den Wärmenerven nicht mehr ohne Beispiel da. Herzen hat gefunden — und ich kann seine Versuche nur bestätigen —, dass bei „eingeschlafenen“ Gliedern, also durch Nervendruck, die Leitung für die Kälte-Empfindungen aufgehoben sein kann, während diejenige für die Wärme-Empfindungen noch besteht.

---

[1] Dementsprechend möchte auch die durch Ol. menth. pip. hervorgerufene kühlende Empfindung in der Mundhöhle weder durch eine abkühlende noch durch eine adstringirende Wirkung desselben, sondern durch seine direct die Kältenerven erregende zu erklären sein.

XIII. Sitzung am 14. Mai 1886.[1]

1. Hr. ARTHUR CHRISTIANI gab folgende Mittheilung: „Zur Physiologie des Gehirnes."

In Folge einer vor zwei Jahren in der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin[2] gegebenen Mittheilung des Hrn. H. Munk gerieth ich in einen wissenschaftlichen Streit mit genanntem Herrn über das Sehen und Nichtsehen seitens enthirnter Thiere und veröffentlichte im Verlaufe desselben eine Schrift: „Zur Physiologie des Gehirnes", Berlin 1885 bei Enslin, in welcher ich meinen Gegner vollständig widerlegt zu haben glaube.

Da die Streitfrage s. Z. auch im Schoosse dieser Gesellschaft zur Verhandlung gelangte, und da ich damals meinerseits die Discussion unter Hinweis auf dies von mir erscheinende Buch abbrach, so fühle ich mich doppelt verpflichtet, der Gesellschaft hiermit ein Exemplar desselben zur geneigten Kenntnissnahme zu überreichen. Ich sehe mich aber auch veranlasst, die ausdrückliche Erklärung hinzuzufügen, dass ich alle in der Schrift gebrachten Mittheilungen, Behauptungen und Ansichten aufrecht erhalte, und zwar gebe ich diese Erklärung, um damit einem seinem Ursprunge nach mir völlig unerfindlichen in Berlin aufgetauchten Gerüchte auf das Entschiedenste entgegenzutreten, wonach ich das doch in Wahrheit während des verflossenen Jahres durch den Buchhandel in alle Welt zerstreute Buch zurückgezogen haben soll.

Wie gut ich übrigens daran that, meine Hypothese über das Sehvermögen auch enthirnter Kaninchen nicht ungeduldig dem Zufalle einer ad hoc vorbereiteten Demonstration, sondern der fortschreitenden experimentellen Wissenschaft zur ruhigen, objectiven Beurtheilung anheimzustellen, das geht schon aus der neuesten Arbeit des Hrn. Prof. von Gudden in München hervor, in welcher constatirt wurde, dass von dem genannten Herrn enthirnte Kaninchen thatsächlich „ohne alle und jede Spur von Sehsphaere sahen und ihr Sehen psychisch verwertheten", indem sie „im Freien nur schwer zu fangen waren und sogar auf grössere Entfernung bei absoluter Stille einer Handbewegung auswichen". Diese Thiere „bemaassen, auf Pflöcke gesetzt, richtig die Entfernung vom Boden, tasteten ein wenig mit den Vorderpfoten und sprangen dann mit der grössten Sicherheit herunter, sprangen Treppenstufen hinauf und herunter u. s. w." „Sie sahen, hörten, fühlten und bewegten sich anscheinend wie normale Kaninchen. . . ."[3]

Wie nun diese mit meinen früheren Mittheilungen übereinstimmenden Thatsachen in verträglichen Einklang gebracht werden können mit der von Hrn. Munk erst neulich in dieser Gesellschaft wiederholten Angabe,[4] wonach Thiere nach Totalexstirpation beider Sehsphaeren erblinden, — davon habe ich meine Vorstellung s. Z. in der Gesellschaft zu entwickeln gesucht und auch ausführliche Darstellung hiervon in diesem meinem Buche gegeben, weshalb ich damals in der Gesellschaft vielleicht nicht anwesende Interessenten hierauf verweisen möchte.

---

[1] Ausgegeben am 4. Juni 1886.

[2] *Sitzungsberichte der königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* 1884. Bd. XXIV.

[3] S. *Zeitschrift für Psychiatrie u. s. w.* Bd. XLII. Berlin bei Georg Reimer.

[4] Am 26. Februar. In diesen Berichten ist bloss der Titel der Mittheilung angegeben.

Inzwischen ist übrigens eine der meinigen ähnliche Erklärung[1] auch von Luciani gegeben in seiner, in Gemeinschaft mit Seppilli verfassten, gekrönten Preisschrift: „Die Functions-Localisation auf der Grosshirnrinde", übersetzt von M. O. Fraenkel, Leipzig 1886, Denicke's Verlag.

Luciani, der meine Arbeit, wie es scheint, nur in ihrer ersten Mittheilung vom Jahre 1881 kannte (s. Litteratur-Verzeichniss a. a. O. S. 411), sagt von derselben (a. a. O. S. 58 ff.): „Diese Ergebnisse stimmen indess mit den von Flourens' Nachfolgern zugegebenen überein und dienen, wenn auch indirect, zur gründlichsten Widerlegung der Munk'schen Lehre von der Rindenblindheit bei den höheren Säugethieren. Diesen schweren Schlag zu pariren, musste Munk seine Studien an enthirnten Säugethieren nochmals aufnehmen". (Folgt kurzer Bericht über Munk's Mittheilungen in der Akademie vom Jahre 1884.) Dann fährt Luciani, der ein Urtheil über die zwischen Munk und mir entstandene Polemik vorläufig noch zurückhält, fort (S. 59):

„Doch können wir uns nicht verhehlen, dass Christiani grosse Vortheile für die Behauptung seiner Sätze vor Munk voraus hat; denn während ein einziges gut operirtes Kaninchen, bei dem die Hirnexstirpation vollständig gelungen und unzweideutige Zeichen von Sehkraft zu bemerken sind, Munk's Annahme umzustürzen vermag, sind eine ganze Anzahl enthirnter Thiere, mögen sie auch ganz und gar blind sein, nicht im Stande, seine Ansicht als bewiesen zu erachten".[2]

Dass Hr. Munk das Verdienst hat, nach Hitzig, am genauesten die Stelle der Hirnrinde angegeben zu haben, von der aus man durch Laesionen oder Abtragungen am besten Thiere blind machen **kann**, das glaube ich in meinem Buche ebenso gut betont zu haben, wie die Unhaltbarkeit den Thatsachen gegenüber der Munk'schen Behauptung, dass die Thiere durch Abtragung der als Sehsphaere von ihm bezeichneten Theile der Hirnrinde unfehlbar und absolut blind werden **müssen.**

In Bezug auf diesen Punkt können füglich auch die neuerdings in der physiologischen Gesellschaft von ihm vorgeführten Hunde, sie mögen so blind wie möglich sich erwiesen haben,[3] keinerlei Beweis für die Richtigkeit der Munk'schen Lehre geben, wonach die „Sehsphaere" der einzige centrale Sitz der Sehfunction sein würde.

2. Hr. Zuntz theilt im Anschluss an den Befund der HH. Th. Weyl und Gossels, dass grosse Mengen eingeführter Salpetersäure im thierischen Organismus verschwinden, die Resultate einer von Dr. Tacke in seinem Laboratorium ausgeführten Untersuchung mit, welche den Schlüssel zur Erklärung von Hrn. Weyl's Befunden geben dürften.[4]

---

[1] „Nämlich Zustandekommen der Blindheit durch eine gegen die Ganglien des Mittelhirnes absteigende Degeneration oder durch eine indirecte Ernährungsstörung dieser Centren." Luciani a. a. O. S. 57 u. S. 153.

[2] Letzterer Satz muss richtig verdeutscht offenbar so heissen: „ist Niemand durch eine ganze Anzahl enthirnter Thiere, mögen sie auch ganz und gar blind sein, im Stande, die Richtigkeit der Munk'schen Ansicht nachzuweisen."

[3] Der Vortragende war leider z. Z. durch eine acute Bronchitis verhindert, anwesend zu sein.

[4] Die schon vor zwei Jahren ausgeführte, sehr zahlreiche, mühsame Experimente umfassende Untersuchung kann nicht in extenso veröffentlicht werden, da die Protocolle bei einem Brandunglück verloren gingen.

Hr. Tacke untersuchte die Frage, ob gasförmiger Stickstoff im Organismus abgespalten werde, nach einer ähnlichen Methode wie H. Leo (Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. XX 81, S. 218).

Es ergab sich, dass Kaninchen meist eine geringe, aber immerhin die Grenzen der möglichen Versuchsfehler übersteigende Menge Stickstoff in Gasform ausscheiden.

In einer Reihe von Fällen wurde den Thieren, nachdem die Grösse ihrer Stickstoffausscheidung mehrere Stunden lang gemessen war, durch eine vorher angelegte Oesophagusfistel eine Lösung von salpetersaurem oder salpetrigsaurem Ammoniak in den Magen gebracht. Regelmässig stieg in den nachfolgenden Stunden die Stickstoffausscheidung erheblich.

Dies Resultat erinnert an die Stickstoffentwicklung, welche beim Erhitzen von salpetrigsaurem Ammoniak nach der Formel $NH_4NO_2 = N_2 + 2\,H_2O$ erfolgt.

Die Fermentationsprocesse im Darmcanal dürften das Agens sein, welches analog der höheren Temperatur in der Retorte wirkend, den Zersetzungsprocess in unserem Falle einleitet. Bekanntlich liefert salpetersaures Ammoniak unter gleichen Bedingungen Stickoxydulgas.

Hr. Tacke hat vergeblich nach diesem Gase in der Exspirationsluft der Thiere, welche $NH_4.NO_3$ erhalten hatten, gesucht. Wahrscheinlich wird das Nitrat innerhalb des Darmcanals durch den nascirenden Wasserstoff rasch in Nitrit verwandelt.

Die Zersetzung des Ammoniumnitrits unter Bildung gasförmigen Stickstoffs dürfte, wenn nicht der einzige, denn doch ein sehr wesentlicher Factor zur Erklärung des von Hrn. Weyl gefundenen räthselhaften Verschwindens der eingeführten Nitrate sein.

Die Bedeutung der mitgetheilten Befunde für die Kritik der Stoffwechselversuche, bei welchem eine Ausscheidung gasförmigen Stickstoffs unbedingt negirt wird, braucht in dieser Versammlung nicht besonders hervorgehoben zu werden.

XIV. Sitzung am 28. Mai 1886.[1]

1. Hr. HERMANN MUNK verliest die angekündigte Bemerkung zu Hrn. Christiani's Mittheilung über das Gehirn (s. oben S. 559).

In der neulichen Sitzung, an welcher ich nicht theilnahm, hat Hr. Christiani ausserhalb der Tagesordnung eine meine Untersuchungen betreffende Mittheilung zur Physiologie des Gehirns verlesen. Nachdem ich diese Mittheilung eingesehen, finde ich nur folgendes zu bemerken.

Ich habe auf Grund von wiederholten umfassenden, alle Fehlerquellen berücksichtigenden Untersuchungen bestritten und für irrthümlich erklärt die Christiani'schen Angaben, dass Kaninchen nach dem Verluste des Grosshirns ohne jede Abnormität umhergehen, Hindernissen ausweichen ohne dieselben zu berühren, Anhöhen erklettern und erspringen, den Sonnenschein vermeiden und mit Vorliebe dunkle Ecken aufsuchen. Diese Angaben haben auch seitdem nicht von anderer Seite her Bestätigung erfahren. Denn die von Strassburg aus angekündigte Bestätigung ist durch nunmehr fünf Jahre ausgeblieben. Hr. Luciani weiter hat gar keine Versuche an Kaninchen gemacht, sondern sich lediglich für seine Vorstellungen auf Hrn. Christiani's Angaben

---

[1] Ausgegeben am 4. Juni 1886.

gestützt, wie Hr. Christiani jetzt wieder Hrn. Luciani zur Hülfe nimmt. Endlich hat Hr. v. Gudden bloss von solchen Kaninchen, welchen bald nach der Geburt das Hinterhaupts- und Scheitelhirn fortgenommen war, angegeben, dass sie später „ohne alle und jede Spur von Sehsphaere“ sahen und sich bewegten anscheinend wie normale Kaninchen: und damit würde natürlich nicht das Sehen dargethan sein für erwachsene Kaninchen, welchen das Grosshirn entfernt wurde; es würde vielmehr nur ein sehr bedeutsamer Aufschluss über die Restitution der Grosshirnfunctionen gewonnen sein, wenn die Angaben nicht überhaupt unrichtig wären, wie ich nach dem Abschlusse meiner bezüglichen Untersuchungen zeigen werde. Ist es nun Hrn. Christiani wirklich ernst und dringend darum zu thun, meine Widerlegung zurückzuweisen, so braucht er nur, wie ich es gelegentlich schon vor Jahren hier erklärte, ein Kaninchen zu zeigen, welches nach der Exstirpation des Grosshirns jenes obige, von ihm angegebene und von mir bestrittene Verhalten darbietet. Das ist gewiss ein billiger Vorschlag, wo die Vorbereitung für die Demonstration nach Hrn. Christiani nur wenige Minuten erfordert und ein Kreis von Fachmännern unschwer versammelt ist, wo überdies die Sitzungen unserer Gesellschaft und, worauf ich besonders aufmerksam mache, die demnächstige Naturforscher-Versammlung die passendste Gelegenheit geben. Niemand würde dabei für die Demonstration dankbarer sein, als ich selber, der ich mich Jahre lang redlich um die Ermittelung des wahren Sachverhaltes bemüht habe. Ohne die Demonstration aber kann Hr. Christiani noch viel mehr Abhandlungen oder Bücher schreiben und Vorträge halten, als er schon bisher gethan, und es wird doch an dem, was ich sagte, nichts zu ändern sein: nicht bloss weil ich in so zahlreichen Versuchen, auch in solchen, welche genau nach Hrn. Christiani's Vorschriften angestellt waren, niemals die Christiani'schen Angaben richtig fand, sondern auch weil meine Beobachtungen — was allerdings Hr. Christiani nie hat beachten wollen — mit den Beobachtungen von Hertwig, Schöps, Bouillaud, Magendie, Schiff, Ferrier in Uebereinstimmung und einzig und allein mit den Christiani'schen Angaben in Widerspruch sind.

2. Hr. C. Benda hält den angekündigten Vortrag: „Ueber eine neue Färbemethode des Centralnervensystems, und Theoretisches über Haematoxylinfärbungen.“

Vortragender hat seine Experimente mit Haematoxylinfärbungen, von denen er schon mehrmals hier Resultate vorgelegt hat, fortgesetzt und ist zu einer Färbung des Centralnervensystems gelangt, die in manchen Beziehungen wichtige Resultate ergiebt. Der handgreiflichste Erfolg ist eine Darstellung des Faserverlaufes, wie sie bisher wohl noch nicht erreicht ist. Durch die Weigert'schen Methoden ebenso wie durch die Freud'sche sind im Centralnervensystem äusserst feine Faserzüge dargestellt worden; das Verhältniss derselben zur nervösen Function ist aber keineswegs klar, da die Theile, denen wir sicher nervöse Eigenschaften zuschreiben, die Ganglienzellen, die Axencylinder der Nervenwurzeln, der weissen Substanz, sich anders gegen die Färbung verhalten als jene feinsten Fasern, und da in den nervösen Fasern sicher nur Scheidentheile die gleiche Färbung annehmen wie die feinen Fasern. Die neue Färbung stellt einerseits jene groben Faserzüge und ihre Verbindung mit den Ganglien in der Art — nur besser — dar, wie wir sie durch die besten Carmin- oder Nigrosinfärbungen kennen, und zeigt ausserdem in der gleichen Färbung

feinste Fasern, die bei diesen Methoden verborgen bleiben. Das Verhältniss dieser Fasern zu den Weigert'schen wurde noch nicht genügend klargestellt.

Das zweite Resultat bezieht sich auf Structurverhältnisse der Ganglienzellen. Schon bei Gelegenheit der Mittheilungen des Hrn. Prof. Flesch[1] erwähnte Vortragender dieses Resultat. Flesch hatte die Untersuchungen über die verschiedene Färbbarkeit der Ganglienzellen wieder aufgenommen, und gefunden, dass es Zellen giebt, die verschiedene Farbstoffe intensiv aufnehmen und solche, die völlig blass bleiben. Mit der neuen Methode stellen sich nun reichliche Uebergangsformen zwischen jenen beiden Extremen, die allerdings auch von dieser Methode bestätigt werden, dar. Die blassen Zellen zeigen ein sehr fein faseriges, weitmaschiges Protoplasmafädensystem des Zellleibes, welches eine sehr zarte Färbung annimmt, dazwischen das ungefärbte Paraplasma. In anderen Zellen treten in dem Fadenwerk gefärbte Körnchen auf, die die Farbe nicht so intensiv wie das Chromatin der Kerne, aber ziemlich so wie die Axencylinder annehmen und wohl mit jenen identisch sind, die Flemming in den Spinalganglienzellen beschreibt. Es folgen weiter Formen, in denen diese chromatophilen Concretionen weiteren Umfang annehmen, sich in manchen Theilen der Zellen zerstreuter, in anderen dichter aneinander lagern und sich namentlich gegen einzelne Ausläufer in sehr charakteristischer Weise gruppiren; sie reihen sich gegen solchen Ausläufer hin aneinander, bilden kürzere und längere convergirende Fäden, die in den Ausläufer hineintreten und sich manchmal ein beträchtliches Stück weit in ihm verfolgen lassen. Dabei haben diese Ausläufer den deutlichen Charakter von Protoplasmaausläufern. Der Axencylinderfortsatz zeigt gleichmässig dunkle Färbung und scheint meist einem dunkleren Theil der Zellen zu entspringen. In anderen Zellen wachsen die Concretionen zu immer grösserer Massigkeit an, so dass sich schliesslich die in toto dunkel gefärbten Zellen als Endglied dieser Reihe anschliessen. Die Auffassung liegt nahe, dass es sich bei dieser letzten Form um Gebilde, die gleichmässig von der chromatophilen Masse durchdrungen sind, handelt. In ihnen ist neben dieser Masse keine fadige Structur des Protoplasma's zu erkennen. Die Möglichkeit, dass es sich bei jenen Uebergangsformen um Kunstproducte, die durch Zerklüftung der dunklen Zellen entstanden sind, handeln könnte, wurde erwogen und ausgeschlossen, da bei unserer besten Conservirung, der Flemming'schen, das gleiche Bild auftrat.

Interessant, aber mit grösster Reserve aufzunehmen sind die Resultate der Behandlung beim peripherischen Nervensystem. Erstens ist ein negatives Resultat vielleicht nicht ohne Bedeutung, nämlich, dass sobald die Nervenstämme die Medulla verlassen haben, mit der Methode keine Axencylinderfärbung mehr zu erzielen ist. Der Axencylinder erscheint auf dem Querschnitt als blasse Scheibe, die eine feine leicht gefärbte Körnung aufweist. Auf Längsbildern scheint eine sehr blasse, feine, parallele Faserung den Körnern zu entsprechen. Gegen die eigentlichen Endigungen zu ist, wie an Cornea, Retina, Papilla foliata constatirt wurde, gar nichts mehr von Nervenfasern deutlich zu erkennen.

Zu notiren ist endlich das Bild der Markscheide, obgleich hier der Antheil einer Kunstproduction höchst suspect ist. Auf dem Querschnitt erscheint der Axencylinder, der sich, wie erwähnt, als blasse Scheibe — viel breiter als bei

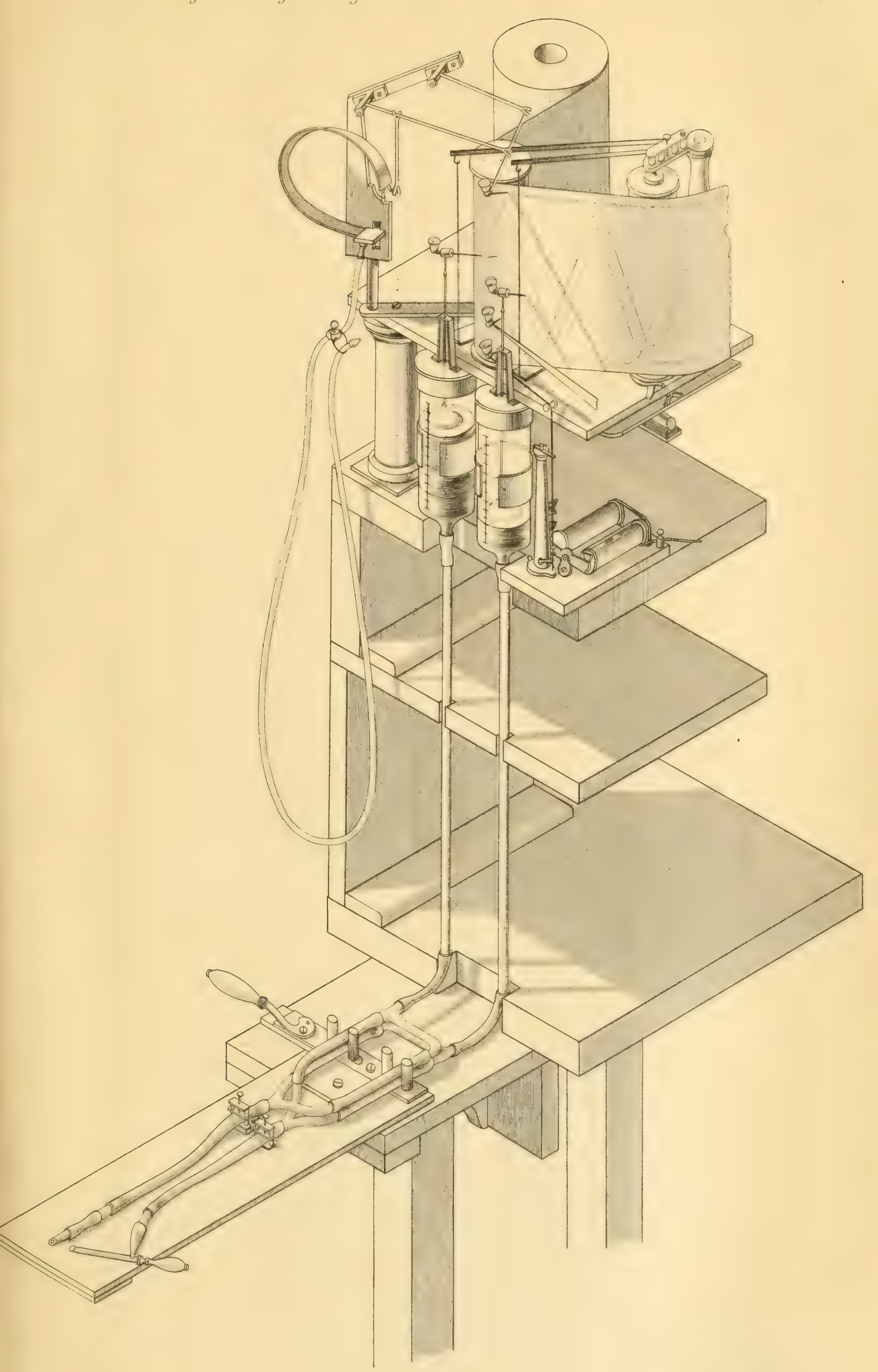
[1] In der Sitzung der Gesellschaft am 9. April machte Hr. Prof. Flesch als Gast eine Mittheilung: „Ueber ein Doppelfärbungsverfahren der Ganglienzellen," von welcher die Sitzungsberichte aber nur den Titel brachten.

den Härtuugen mit chromsauren Salzen, aber schmaler als bei Osmiumsäure — darstellt, durch schmale, ziemlich regelmässig radial verlaufende Bälkchen, die sich lebhaft färben, mit der Schwann'schen Scheide verbunden, sodass das bekannte Sonnenbildchen des Nervenquerschnitts in ein zierliches Rädchen verwandelt ist. Dieses Bild ist von der Härtung durch Pikrinsäure abhängig; dass es allein durch zufällige Zerklüftungen des Marks entstehen sollte, ist bei der grossen Regelmässigkeit, mit der es bei den bisher geprüften Säugethier- und Froschnerven auftrat, nicht wahrscheinlich; ob es aber einem wirklichen Structurverhältniss der Markscheide entspricht, soll durch diese einseitige Beobachtung noch nicht entschieden werden.

Die Methode, wie sie durch Vortragenden empfohlen wird, stellt sich folgendermaassen dar: Härtung kleiner Stückchen sehr frischen Materials in kalt gesättigter Pikrinsäure. Die Härtung ist meist in 2 — 3 Tagen vollendet, längeres Verweilen in der Pikrinsäure schadet jedenfalls nichts. Nach mehrtägiger Auswässerung der Praeparate Nachhärtung in Alkohol. Bei der Herstellung der Schnitte scheint Celloidin ungünstigen Einfluss zu haben, Paraffindurchtränkung ist vorzuziehen. Die möglichst fein anzufertigenden Schnitte kommen für einige Stunden (meist genügen indess Minuten) in eine Eisensalzbeize (Vortragender verwandte concentrirte Lösung von schwefelsaurem Eisenammonium), dann nach sorgfältiger Waschung in mehrfach erneuertem Wasser in eine einprocentige wässrige Haematoxylinlösung, bis sie intensiv schwarz geworden sind (ca. 10 Minuten). Dann werden sie in Chromsäure 1:2000 etwa 5 Minuten ausgebleicht, in Wasser gut gespült, entwässert und in Balsam untersucht.

Aus den sich weiter anschliessenden theoretischen Erörterungen, die anderweitig ausführlich publicirt werden sollen, ist zusammenzufassen, dass die wesentlichen Punkte der Methode, deren tinctorielle Seite aus der Heidenhain'schen und Weigert'schen herausgebildet wurde, in der Pikrinsäurehärtung und der darauffolgenden differenzirten Haematoxylinfärbung zu suchen sind. Da letztere bei Pikrinvorbehandlung nicht durch Tinten, d. h. Lösungen der Metallsalzhaematoxylinlacke, z. B. nicht durch die gewöhnliche Alaunhaematoxylinlösung, zu erreichen ist, muss die Färbung in zwei Operationen zerfallen. Die erste ist die Impraegnation der Farbe, die durch Beizen und darauffolgendes Färben bewerkstelligt wird, und die eine völlig gleichmässige Durchdringung der Farbe ohne jede Differenzirung bewirkt; die zweite, die Differenzirung der Farbe, die durch beschränkte Anwendung eines der verschiedenen Lösungsmittel jener Farblacke erreicht wird. Es ist also erstens ziemlich gleichgültig, welcher Haematoxylinlack verwandt wird — der Eisenlack wurde bevorzugt, weil er der am schwersten lösliche ist. Zweitens hat man unter einer Anzahl von Lösungsmitteln: namentlich verschiedenen Metallsalzlösungen, die Auswahl — Chromsäure[1] hatte den Vorzug, einen gelbgrauen Farbenton zu geben, der z. B. für die Photographie besonders geeignet sein dürfte. Weigert's Differenzirung durch Boraxblutlaugensalz ist keine einfache Auswaschung der Farbe, sondern wahrscheinlich eine theilweise Oxydation, also principiell von anderem Effect.

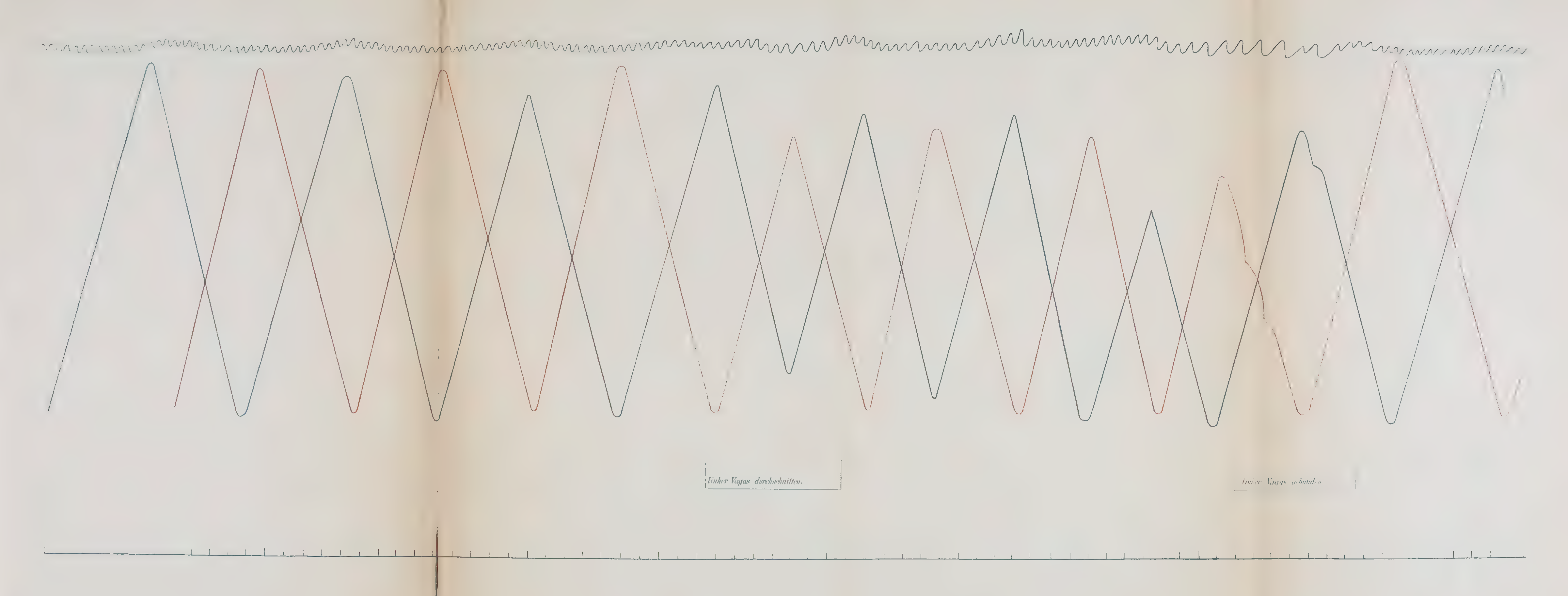
[1] Chromsäure ist eigentlich auch ein Oxydationsmittel, äussert aber nach des Vortragenden Erfahrungen diese Wirkung bei Pikrinsäurehärtung nicht, wohl aber bei Flemming'scher Härtung.



Verlag Veit & Comp. Leipzig.

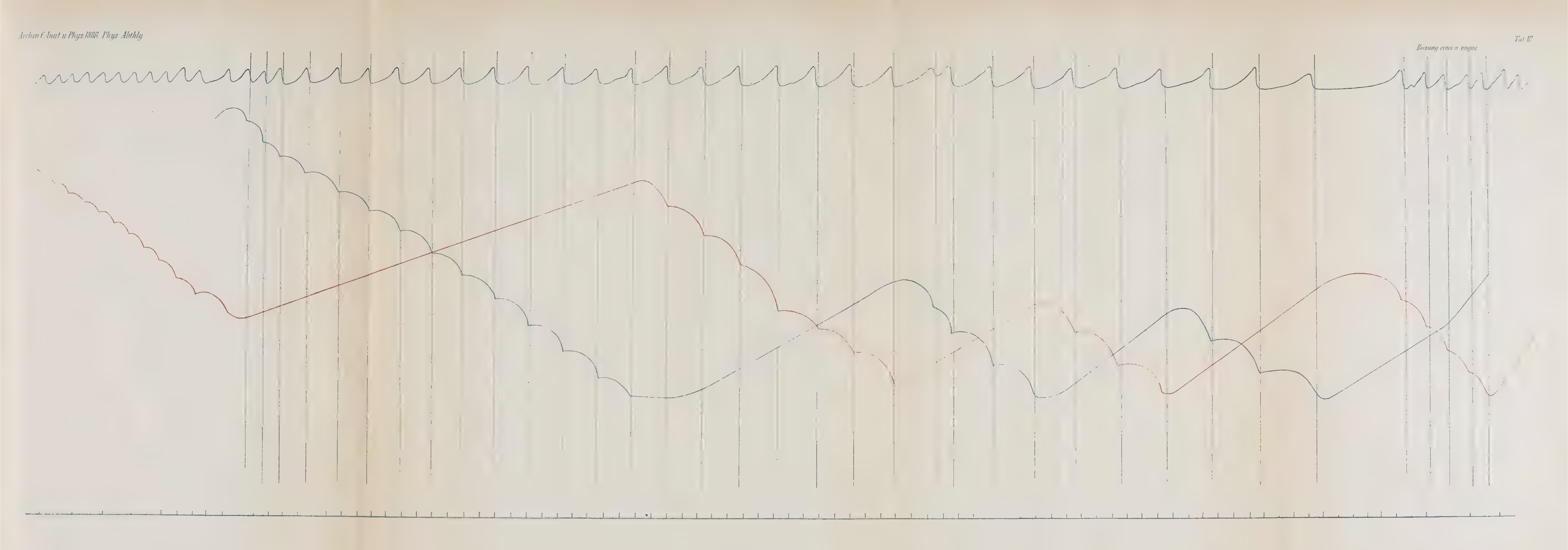
Lith. Anst. v. F. A. Funke, Leipzig.





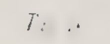
Verlag Veit & Comp. Leipzig





Veit & Comp.





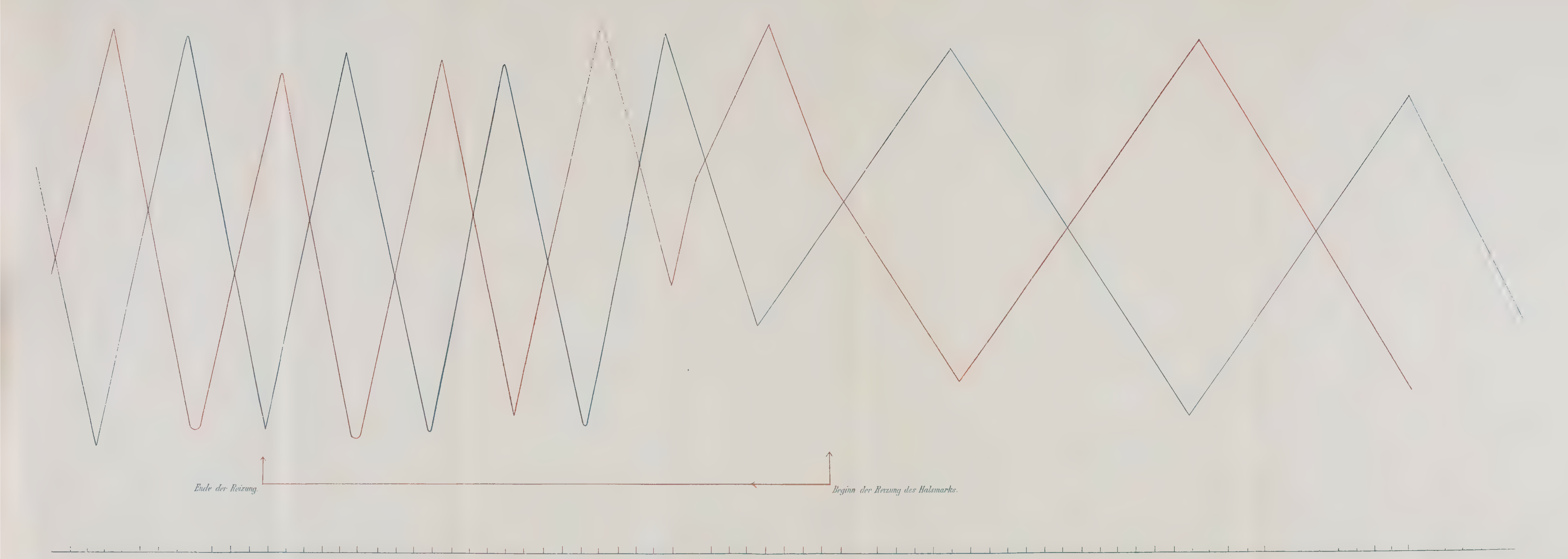
Ende der Reizung.

Ven. cava sup. wird geöffnet

Beginn der Reizung des Halsmarks
Ven. cava sup. verstopft

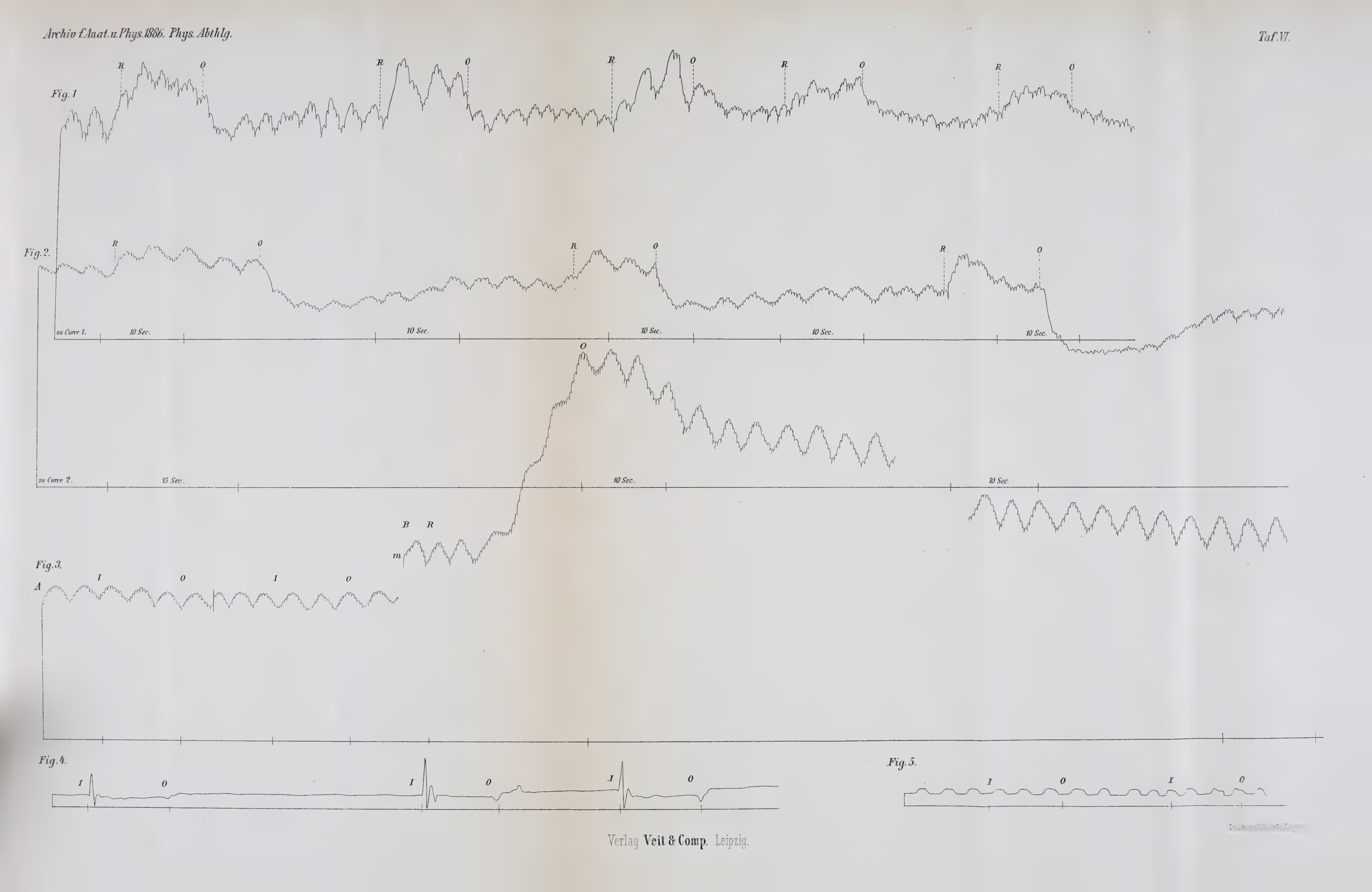
Veit & Comp.





Verlag Veit & Comp. Leipzig





Verlag Veit & Comp. Leipzig.



Fig. 1.

R.p.
G.G.
R.t.
R.s.
R.c.
A.o.
A.l.
A.c.c.
N.c.lg.
N.c.b.
Nn.c.lg.
N.oc.
A.c.i.
N.f.c.
R.c.p.
N.n.c.
M.r.s.
A.c.l.
N.o.
N.f.p.
A.c.p.
N.c.br.

Fig. 2.

A.c.i.
N.oc.
R.a.
R.c.
A.c.l.
N.o.
N.c.lg.
R.i.
R.ex.
N.s.
N.oc.
R.s.
G.c.
A.
Nn.c.b.

Fig. 3.

N.oc.
R.n.c.
1
2
3
4
Nn.c.lg.
N.o.
G.c.
G.c.
Nn.c.b.
A.

Fig. 4.

G.G.
R.W.
R.t.
R.nc.
R.f.
A.
Ast.
R.s.
N.a.
N.oc.
Nn.c.lg.
N.o.
Rn.c.b.
Mr.e.
Mr.s.
Mr.it.

Fig. 5.

E.g.
E.p.
R.n.c.
A
Nn.c.lg.

Fig. 6.

I d.
II d.
III s.

Fig. 7 A.

Fig. 7 B.

Fig. 7 C.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.



Fig. 1.

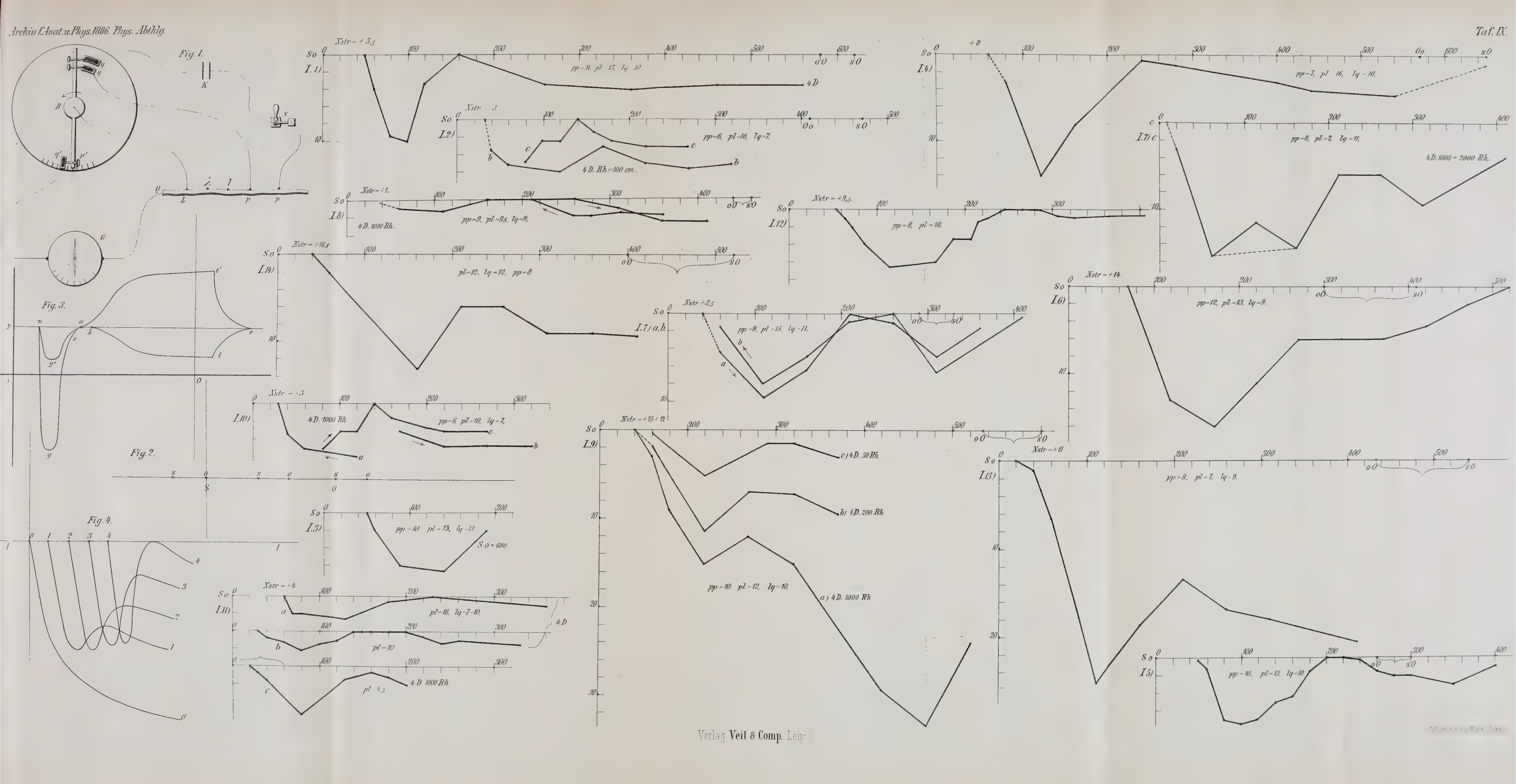
Fig. 4.

Fig. 3.

Fig. 2.

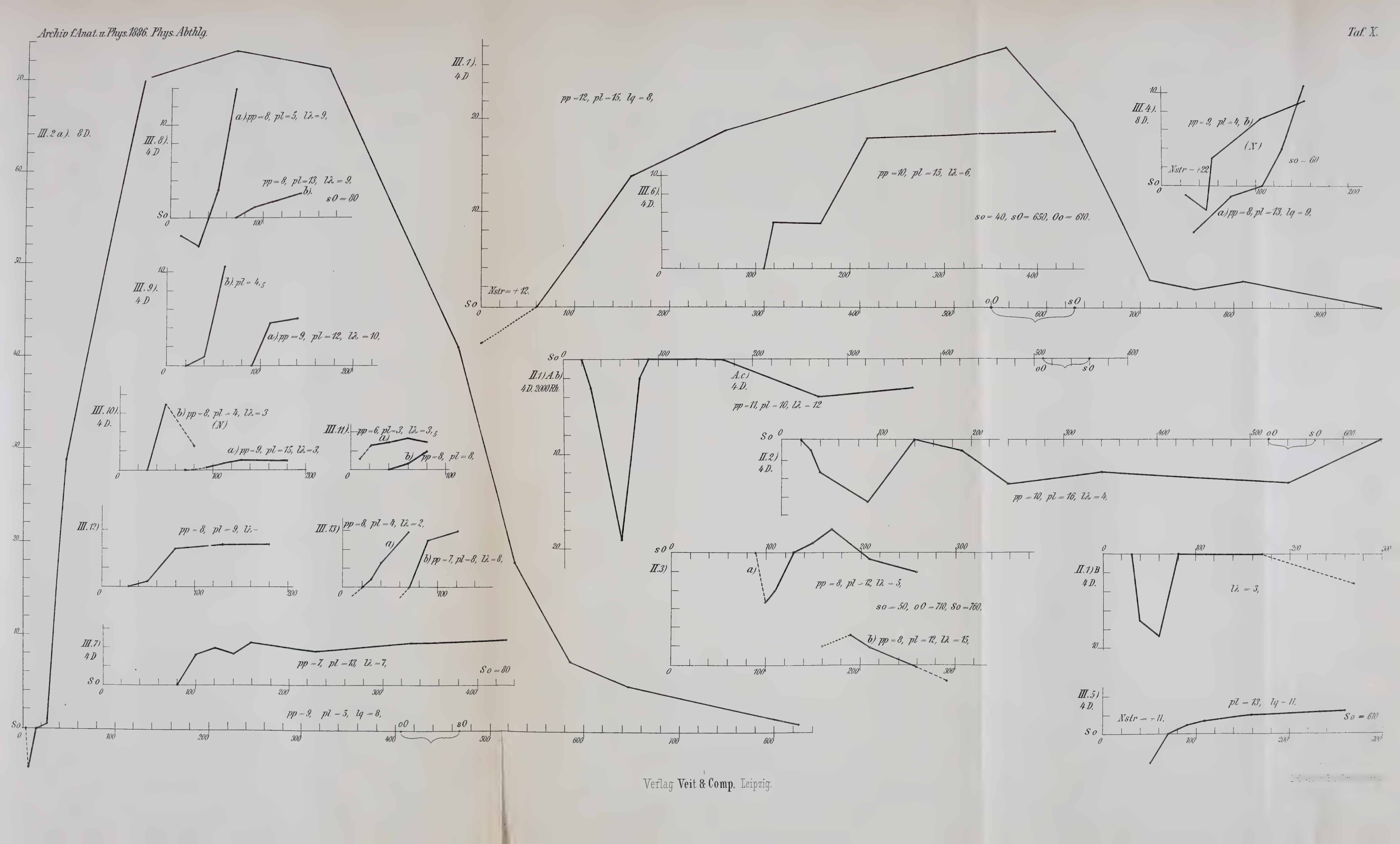
Verlag Veit & Comp. Leipzig.





Verlag Veit & Comp. Leip





Verlag Veit & Comp. Leipzig.



Fig. 1.

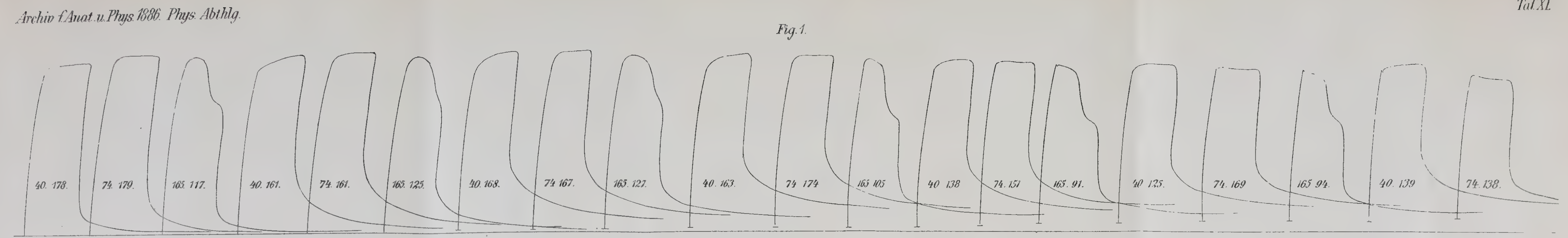


Fig. 2.

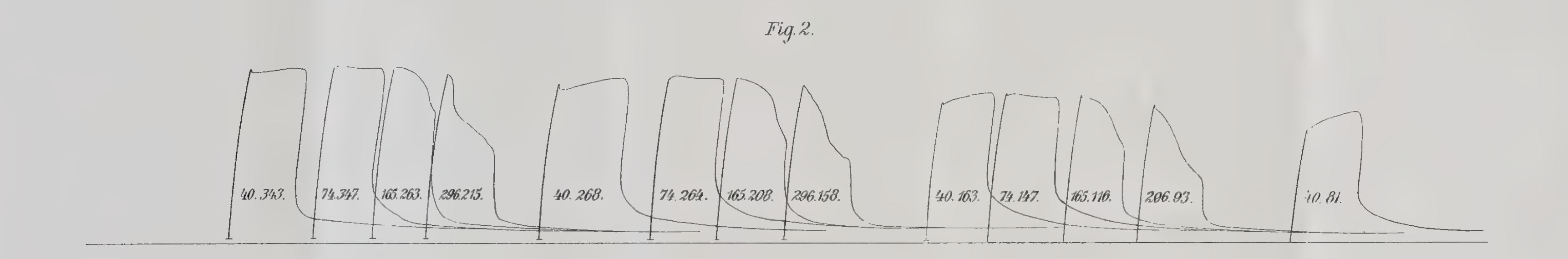
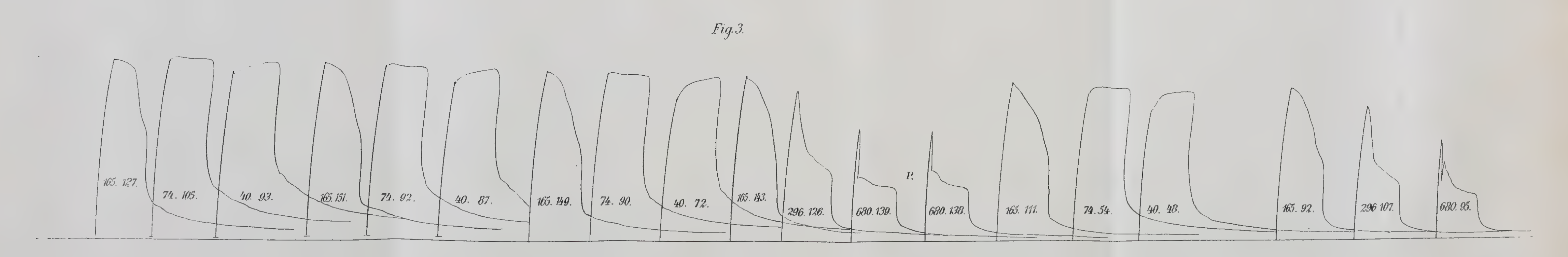


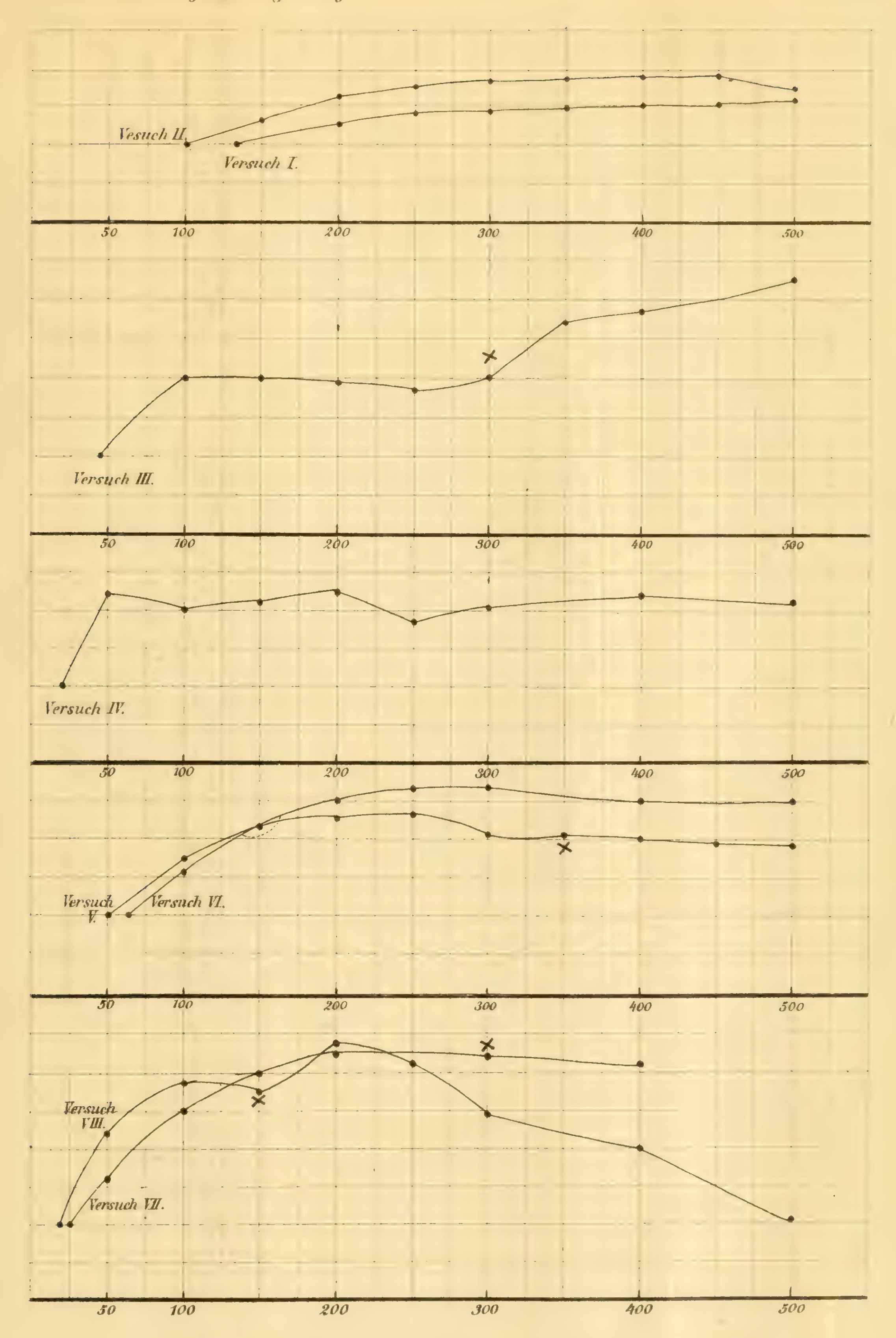
Fig. 3.



Verlag Veit & Comp., Leipzig

Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig





× bedeutet Beginn von tetanischen Erscheinungen.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

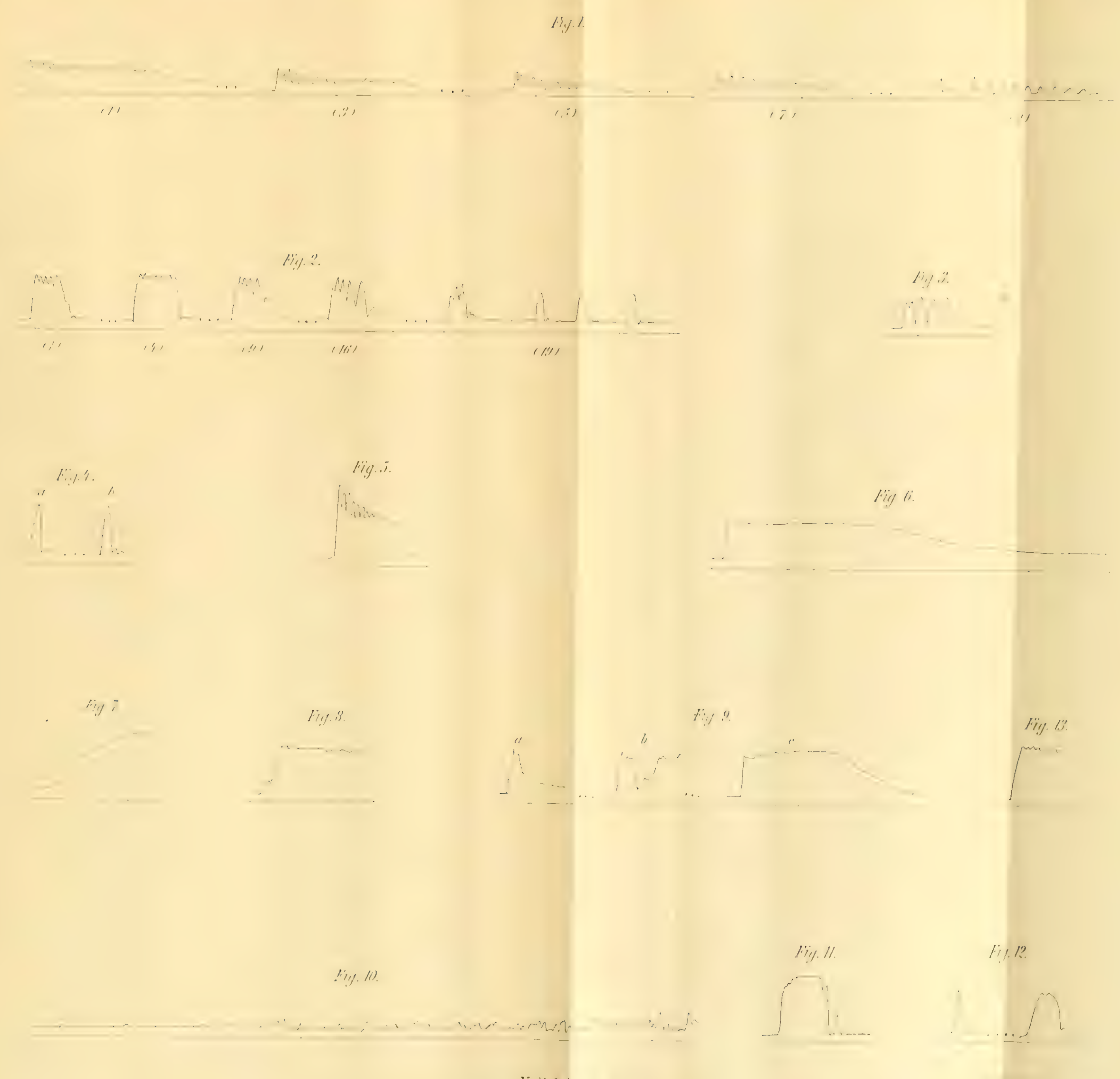


Fig. 1

Fig. 2.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.


Fig. 16.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.

Veit & Comp.

17

Fig. 9.

b

omp.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1886.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

ERSTES UND ZWEITES HEFT.

MIT FÜNF ABBILDUNGEN IM TEXT UND SIEBEN TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1886.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 19. Februar 1886.)

Mit zwei Beilagen: von **W. Engelmann** in Leipzig und **Veit & Comp.** in Leipzig.

Inhalt.

Seite

Stolnikow, Die Aichung des Blutstromes in der Aorta des Hundes. (Hierzu Taf. I—V.) . . . 1

Ernst von Fleischl, Ein mikrostroboskopischer Reizversuch 67

Wilhelm Filehne, Ueber einige Wirkungen des Xanthins, des Caffeïns und mehrerer mit ihnen verwandter Körper . . . 72

K. Hällstén, Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und der Reflexapparate des Rückenmarkes 92

G. Humilewski, Ueber den Einfluss der Muskelcontractionen der Hinterextremität auf ihre Blutcirculation. (Hierzu Taf. VI.) . . . 126

J. Jegorow, Ueber den Einfluss der langen Ciliarnerven auf die Erweiterung der Pupille. (Hierzu Taf. VII.) . . . 149

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1885—86 180

Arthur Christiani, Ueber die Erregbarkeit des Athmungscentrums. — Th. Weyl, Ueber die Beziehungen des Cholestearins zu den Terpenen und Campherarten. — Curt Lehmann, Studie über die Function des Corpus striatum. — Benda, Ueber die Spermatogenese der Säugethiere. — Gad demonstrirt das Klappenspiel im Ochsenherzen nach seiner Methode mittels intraventriculärer elektrischer Beleuchtung. — Goldscheider, Demonstration von Praeparaten, betreffend die Endigung der Temperatur- und Drucknerven in der menschlichen Haut.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung**, die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1886.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

DRITTES UND VIERTES HEFT.

MIT NEUN ABBILDUNGEN IM TEXT UND FÜNF TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1886.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 4. Mai 1886.)

Inhalt.

Seite

P. Lahousse, Die Structur des Nervenplexus in der Vorhofscheidewand des Froschherzens. (Hierzu Taf. VIII.) 191

J. Bernstein, Ueber das Entstehen und Verschwinden der elektrotonischen Ströme im Nerven und die damit verbundenen Erregungsschwankungen des Nervenstromes. (Hierzu Taf. IX u. X.) 197

K. Schönlein, Die Summation der negativen Schwankungen. (Hierzu Taf. XI.) 251

Johanner Gad, Zur Methodik der Zeitmessung von Erregungsleitungen . . . 263

O. Langendorff, Herzmuskel und Atropin 267

Franz Carl Müller, Physiologische Studien über Psychophysik. (Hierzu Taf. XII.) 270

Ed. Aronsohn, Experimentelle Untersuchungen zur Physiologie des Geruchs . . 321

Gustav Fritsch, Ergebnisse der Vergleichungen an den elektrischen Organen der Torpedineen 360

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 371

Müllenhoff, Apistische Mittheilungen. I. Ueber den Zellenbau der Honigbiene. — Ewald, Ueber die Bedeutung des sog. zweiten Schluckgeräusches. — Gad, Das Klappenspiel im Ochsenherzen. — Müllenhoff, Apistische Mittheilungen. II. Ueber das Verfahren der Honigbiene bei der Bergung und Conservirung von Blüthenstaub und Honig. — C. Benda, Weitere Mittheilungen zur Spermatogenese der Säugethiere. — Gad, Ueber automatische und reflectorische Athemcentren.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1886.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

FÜNFTES UND SECHSTES HEFT.

MIT DREI ABBILDUNGEN IM TEXT UND ZWEI TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1886.

(Ausgegeben am 18. August 1886.)

Inhalt.

	Seite
L. C. Wooldridge, Ueber intravasculäre Gerinnungen	397
G. Gaglio, Die Milchsäure des Blutes und ihre Ursprungsstätten	400
S. Frenkel, Nerv und Epithel am Froschlarvenschwanze. (Hierzu Taf. XIII.)	415
Wilhelm Filehne, Trigeminus und Gesichtsausdruck	432
Hermann von Jhering, Ueber „Generationswechsel" bei Säugethieren	443
Schönfeld, Die physiologische Bedeutung des Magenmundes der Honigbiene	451
George Alfred Buckmaster, Ueber eine neue Beziehung zwischen Zuckung und Tetanus	459
H. J. Hamburger, Ueber den Einfluss chemischer Verbindungen auf Blutkörperchen im Zusammenhang mit ihren Molecular-Gewichten	476
A. Stefani, Die Verheilung von Nerven benutzt zum Studium der Functionen der Nervencentren	488
K. Hällstén, Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und Reflexapparate des Rückenmarkes. (Hierzu Taf. XIV.)	500
St. Klikowicz, Die Regelung der Salzmengen des Blutes	518
E. du Bois-Reymond, Ueber Sichtbarwerden des Hauches bei warmer Luft	538
G. Bunge, Eine Bemerkung zur Theorie der Drüsenfunction	539
Hermann von Jhering, Nachtrag zur Entwickelung von Praopus	541
Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1885—86	543

Gad, Ueber haemorrhagische Dyspnoë. — Pohl-Pincus, Bemerkungen über die Polarisations-Farben des menschlichen Kopfhaares. — Pohl-Pincus, Ueber die Einwirkung starker elektrischer Reizung der Haut des Frosches auf das Herz desselben und über den Einfluss des N. vagus auf die herbeigeführten Zustände. — Biondi, Ueber Zwischenkiefer und Lippenkiefer-Gaumenspalte. — Goldscheider, Ueber die specifische Wirkung des Menthols auf die Temperatur-Nerven. — Arthur Christiani, Zur Physiologie des Gehirns. — Zuntz, Die Resultate einer von Dr. Tacke in seinem Laboratorium ausgeführten Untersuchung. — Hermann Munk, Bemerkung zu Hrn. Christiani's Mittheilung über das Gehirn. — C. Benda, Ueber eine neue Färbemethode des Centralnervensystems, und Theoretisches über Haematoxylinfärbungen.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.



